

SONOGRAPHISCHE UND
COMPUTERTOMOGRAPHISCHE
GALLENWEGSDIAGNOSTIK
IM VERGLEICH

Retrospektive Auswertung von 263 Fällen

Wolfgang Rehm

*Diss. München
1984*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Radiologischen Klinik der Universität München

Vorstand: Prof.Dr.med.J.Lissner

SONOGRAPHISCHE UND COMPUTERTOMOGRAPHISCHE

GALLENWEGSDIAGNOSTIK IM VERGLEICH

Retrospektive Auswertung von 263 Fällen *

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

W O L F G A N G R E H M

aus

B R E T T E N

Jahr

1 9 8 4

* Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Mit Gehehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. J. Lissner.....

Mitberichterstatter:-

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann.....

Tag der mündlichen Prüfung: 07.06.1984.....

MEINEN ELTERN

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Josef Lissner für die Überlassung des Themas.

Danken möchte ich auch vor allem Herrn OA. Dr. A. Gebauer für die wertvolle Hilfe und Unterstützung während meiner Dissertation.

München im April 1984

Wolfgang Rehm

GLIEDERUNG

1.	Einleitung	1
2.	Konventionelle Gallenwegsdiagnostik	3
2.1.	Allgemeines	3
2.2.	Abdomenleeraufnahme	3
2.3.	Orale Cholecystographie	3
2.4.	Intravenöse Cholangio-Cholecystographie	4
2.5.	Percutane transhepatische Cholangiographie	5
2.6.	Endoskopisch retrograde Cholangio - Pankreatikographie	5
3.	Sonographie (Ultraschall)	6
3.1.	Physikalische und technische Grundlagen der Ultraschall- untersuchung	6
3.1.1.	Natur des Ultraschalls	6
3.1.2.	Ultraschallerzeugung und Ultraschallempfang	6
3.1.3.	Akustische Impedanz	7
3.1.4.	Ultraschallschwächung und Eindringtiefe	9
3.1.5.	Auflösungsvermögen	9
3.1.6.	Die verschiedenen Ultraschallverfahren	10
3.1.6.1.	Amplitudenscan	10
3.1.6.2.	B-Scan (Brightness-Scan)	11
3.1.6.2.1.	Compound-Scan	12
3.1.6.2.2.	Real - Time - B - Scan	12
3.2.	Nebenwirkungen des Ultraschalls	13
3.3.	Typische Ultraschallbefunde	14

3.3.1.	Normalbefund	14
3.3.2.	Cholecystolithiasis	14
3.3.3.	Cholecystitis	16
3.3.4.	Tumore der Gallenwege	19
3.3.5.	Pathologische Veränderungen der Gallengänge	20
4.	Computertomographie	23
4.1.	Physikalische und technische Grundlagen der Computertomographie	23
4.1.1.	Abbildungsprinzip	23
4.1.2.	Strahlungsquelle	24
4.1.3.	Meßwertaufnahme	25
4.1.4.	Bildrechnungssystem	26
4.1.5.	Schwächungskoeffizienten-Scala und ihre optische Umsetzung	27
4.1.6.	Auflösungsvermögen	28
4.2.	Nebenwirkungen der Computertomographie	29
4.3.	Typische computertomographische Befunde	30
4.3.1.	Normalbefund	30
4.3.2.	Cholecystolithiasis	30
4.3.3.	Cholecystitis	32
4.3.4.	Tumore der Gallenwege	33
4.3.5.	Pathologische Veränderungen der Gallengänge	35
5.	Untersuchungsgeräte und Untersuchungstechnik	36
6.	Patientengut und Methode	38
7.	Ergebnisse der computertomographischen und sonographischen Diagnostik und Fallbesprechungen	40

7.1.	Normalkollektiv	40
7.1.1.	Ergebnisse	40
7.1.2.	Fallbeschreibung	44
7.2.	Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse und Fallbeschreibungen bei Cholecystolithiasis	47
7.2.1.	Ergebnisse	47
7.2.2.	Fallbeschreibung	53
7.3.	Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse und Fallbeschreibung bei Cholecystitis	55
7.3.1.	Ergebnisse	55
7.3.2.	Fallbeschreibung	58
7.4.	Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse und Fallbeschreibung bei Tumorerkrankung des galleableitenden Systems	58
7.4.1.	Ergebnisse	58
7.4.2.	Fallbeschreibung	61
7.5.	Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse und Fallbeschreibungen bei pathologischen Veränderungen der extrahepatischen Gallengänge	63
7.5.1.	Ergebnisse	63
7.5.2.	Fallbeschreibung	67
7.6.	Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse bei pathologischen Veränderungen der intrahepatischen Gallengänge	69
7.6.1.	Ergebnisse	69
8.	Diskussion	71
8.1.	Zusammenfassung der sonographischen und computertomographischen Ergebnisse	71

8.2.	Treffsicherheit	72
8.3.	Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse beim Vorliegen einer cholecystographisch 'stummen Gallenblase'	78
8.4.	Wertung der Ergebnisse	79
8.5.	Artefaktbildungen	82
8.6.	Nebenwirkungen	84
8.7.	Untersuchungsaufwand und Kosten	86
9.	Schlußfolgerung	87
10.	Zusammenfassung	90
	Literaturverzeichnis	91
	Tabellenverzeichnis	98

1. Einleitung

Gallenwegserkrankungen sind auf Grund ihrer Häufigkeit, der oft langen Verlaufsduer, der hohen Komplikationsrate und ihres nicht unbeträchtlichen Anteils an der Gesamtmortalität aller gastroenterologischen Erkrankungen von besonderer Bedeutung.

Grötzinger u.a. beziffern die Durchschnittswerte der an Cholelithiasis erkrankten Mitteleuropäer mit 10 - 20 %; jenseits des 60. Lebensjahres steigt der Anteil auf 40 %, jenseits des 70. Lebensjahres auf 50 % der Bevölkerung an. Für die USA wird die Gesamthäufigkeit der an Gallensteinen Erkrankten mit 15 bis 20 Millionen beziffert. (7,52) Jedes Jahr werden in den USA ca. 50 000 Cholecystektomien durchgeführt.

Der intensive kollikartige Schmerzanfall bei akuten Gallenwegserkrankungen kann bis zu mehreren Stunden anhalten und von krisenhaften vegetativen Begleiterscheinungen gekennzeichnet sein.

Schließlich gehören Erkrankungen des galleableitenden Systems zu denjenigen Erkrankungen, bei denen zur Vermeidung von Spätschäden, Komplikationen und Entwicklung von Sekundärkrankheiten, sowie der Einbeziehung von Nachbarorganen in den Krankheitsprozess, die Früherkennung und frühzeitige Therapie eine statistisch gesicherte Rolle spielen und daher eine zwingende Notwendigkeit darstellen.

Für die Diagnose der Erkrankungen des biliären Systems kommt der Röntgendiagnostik ein hoher Stellenwert zu. Hauptzweck ist der Nachweis oder Ausschluß von Konkrementen. Daneben sind differentialdiagnostisch entzündliche, neoplastische und degenerativ hyperplastische Krankheitsprozesse auszuschließen, sowie ihre Folgen und Komplikationen abzugrenzen.

Bisher waren die konventionellen Untersuchungsmethoden wie die orale Cholecystographie, die intravenöse Cholecystocholangiographie und in letzter Zeit auch die endoskopisch retrograde Cholangio-Pankreatographie zur Erkennung von Erkrankungen des Gallensystems zielführend.

Ultraschall gelang oft nur dann zum Einsatz, wenn radiologische Untersuchungen kontraindiziert waren, z.B. bei Bilirubinwer-

ten über 3,5 mg% oder in Fällen, in denen die Darstellung der Gallenwege nicht gelang, was oft bis zu einem Zeitraum von 4-6 Wochen nach einer akuten Attacke möglich ist. (28, 52)

In diesen Fällen hat sich die Ultraschalluntersuchung besonders bewährt.

Aus den oben genannten Gründen und wegen ihres nichtinvasiven Charakters werden in jüngster Gegenwart die in den letzten Jahren neu entwickelten Verfahren des Ultraschalls und der Computertomographie zur Abklärung von Gallenwegserkrankungen zunehmend angewendet.

Es werden in der vorliegenden Arbeit die diagnostischen Ergebnisse der Sonographie und der Computertomographie verglichen, die Vorteile und Nachteile beider Methoden erörtert und das diagnostische Vorgehen diskutiert.

Zu diesem Zweck wurden retrospektiv die Untersuchungsbefunde von 263 Patienten, die sowohl sonographisch wie computertomographisch untersucht wurden, ausgewertet und die jeweiligen Ergebnisse miteinander verglichen.

2. Konventionelle Gallenwegsdiagnostik

2.1. Allgemeines

Die diagnostischen Möglichkeiten zur Funktionsbeurteilung des galleableitenden Systems und zum Nachweis von Erkrankungen der Gallenwege bestanden bisher in erster Linie in

- der Abdomenleeraufnahme
- der oralen Cholecystographie
- der intravenösen Cholecystocholangiographie
- der endoskopisch-retrograden Cholangio-Pankreatikographie
- der transhepatischen Cholangiographie
- der Manometrie. (7, 52)

2.2. Abdomenleeraufnahme

Kalkhaltige Steine sind bereits auf der Abdomenleeraufnahme zu sehen. Doch nur ungefähr 20 % der Gallensteine enthalten genug Calcium, um sie auf dem Röntgenbild sichtbar zu machen. Bei der Durchführung der Röntgenaufnahme sollte durch besondere Lagerung und Drehung sichergestellt sein, daß die kalkhaltigen, schattengebenden Konkremeente gegenüber anderen Verkalkungen abgegrenzt werden. (52)

2.3. Orale Cholecystographie

Die orale Cholecystographie ist risikoarm, kosten- und zeitsparend und doch aussagekräftig im Hinblick auf die Darstellung von Form und Funktion der Gallenblase. Durch die Entwicklung von jodhaltigen Kontrastmitteln ist die orale Cholecystographie erst möglich geworden. Das Kontrastmittel wird per os angewendet, über den Darm resorbiert und gelangt über die Pfortader zur Leber und von dort in die Gallenwege. In der Gallenblase findet eine Konzentrierung statt; ungefähr 12 Stunden nach Verabreichung des Kontrastmittels ist die radiologische Untersuchung durchzuführen. (43, 52)

Folgende Untersuchungsbefunde sind möglich:

- a) Die Gallenblase ist gut gefüllt; dies schließt eine entzündliche Gallenblasenerkrankung fast aus.
- b) Die Gallenblase füllt sich, doch ist der Kontrastschatten durch Aufhellungen ausgespart; dies deutet auf Gallenblasensteine hin, selten kann es auch Anzeichen eines Tumors sein.
- c) Die Gallenblase füllt sich nicht, obwohl Kontrastmittel sicher aufgenommen wurde; ein negatives Cholecystogramm bedeutet, daß entweder der Ductus Zysticus durch einen Stein oder durch Entzündung verlegt ist oder daß die Gallenblasenwand nicht zur Konzentrierung des Kontrastmittels fähig ist. (41)

Doch auch außerhalb der Gallenblase gelegene Ursachen wie z.B. Erbrechen, Diarrhoe, erhöhte Bilirubinwerte oder auch Leberschädigungen können eine Darstellung verhindern. B.Braun und W.Schwerk berichten über 12 % stumme Gallenblasen nach oraler Cholecystographie ohne pathologische Veränderungen der Gallenwege. (29)

Untersuchungen von Kremer, Schierl u.a. beziffern die Treffsicherheit der oralen Galle mit 88,60 %. (31)

Demgegenüber berichten Suranna und B.Lammy in ihrer Arbeit über die Röntgenuntersuchung des Gallenwegsystems von einer Treffsicherheit von nur 62 % bezüglich Gallenblasensteinen.(58)

2.4. Intravenöse Cholangio - Cholecystographie

Durch die Entwicklung des Kontrastmittels Biligraphin wurde es möglich neben der Gallenblase auch die ableitenden Gallenwege darzustellen. Die großen Gallengänge sollten nach 10 bis 30 Minuten sichtbar sein, die Gallenblase kommt meistens eine Stunde später zur Darstellung.

Im i.v. Cholangiogramm sind Erweiterungen bzw. Verengungen der Gallenwege erkennbar, ebenfalls Steine im Ductus choledochus. Voraussetzung für die Darstellung der Gallenwege ist auch hier eine normale Leberfunktion. Bei Patienten mit einem Gesamtbilirubin über 3,5 mg% und Zeichen der Cholestase ist ein i.v.

Cholangio-Cholecystogramm nicht erfolgreich. Auch gelingt eine Darstellung nicht, wenn die Serumalbuminbindungskapazität durch andere Medikamente, z.B. durch Sulfonylharnstoffe, besetzt ist. (17, 52)

Harrison's Principles of Internal Medicine gibt die Treffsicherheit der intravenösen Cholecystocholangiographie mit 95 % bezüglich Gallensteinen an. (52)

Goldberg und Mitarbeiter kamen mittels dieser radiologischen Methode in 89 % der Fälle zur richtigen Diagnose. (29)

2.5. Percutane transhepatische Cholangiographie

Bei der transhepatischen Cholangiographie wird die Leber mittels einer langen, dünnen Chiba-Nadel durch den 8. oder 9. Interkostalraum percutan und unter fluoreszenzischer Kontrolle punktiert. Während des Zurückziehens der Nadel wird das Kontrastmittel appliziert. Bei dieser Methode wird die prophylaktische Gabe von Antibiotika diskutiert. (52)

Mit dieser technisch relativ einfachen, wenig zeitraubenden aber doch invasiven Methode gelingt die Darstellung der erweiterten Gallengänge in 86,9 % bis 100 % der Fälle. (42)

2.6. Endoskopisch retrograde Cholangio - Pankreatikographie

Mittels der neuen Methode der Glasfaser-Endoskopie ist es möglich geworden die retrograde Sondierung der Vaterschen Papille und des Ductus Choledochus vorzunehmen und so retrograd die Gallengänge mit Kontrastmittel zu füllen. (41)

Erfahrenen Endoskopikern gelingt ein Cholangiogramm in 80 % der Fälle. (52) Die Treffsicherheit wird von Triller, Fischerdick und Mitarbeitern mit 75,50 % angegeben. (29)

Begrenzt wird die breite Anwendung der ERCP noch immer durch das erforderliche Instrumentarium und nicht zuletzt auch durch den Zeitaufwand für die einzelne Untersuchung. Eine nicht unwesentliche Komplikation nach einer ERCP ist die Entstehung einer Pankreatitis.

3. Sonographie (Ultraschall)

3.1. Physikalische und technische Grundlagen der Ultraschalluntersuchung

3.1.1. Natur des Ultraschalls

Ultraschall ist die Bezeichnung für mechanische Wellen einer Frequenz von 16×10^3 bis 10^9 Hz, die damit jenseits der menschlichen Hörfähigkeit angesiedelt sind. Die medizinische Diagnostik bedient sich Frequenzen der Größenordnung 1 - 10 MHz. (38) Als mechanische Welle ist der Ultraschall im Unterschied zu elektromagnetischen Schwingungen wie Licht oder Röntgenwellen, die sich auch im Vakuum ausbreiten können, an Materie gebunden. Die Ausbreitung des Ultraschalls erfolgt also nur in festen oder flüssigen Körpern und in beschränktem Umfang auch in Gasen. Der menschliche Körper verhält sich in dieser Hinsicht wie eine zähe Flüssigkeit. (28) Leitet man Ultraschallwellen in ein homogenes Medium so werden die Teilchen dieses Stoffes in Schwingungen versetzt. Die elastisch an einen Ort gebundenen Teilchen verhalten sich wie kleine Pendel. Die Schwingungen bleiben im elastischen Stoff jedoch nicht auf den Entstehungsort beschränkt, sondern pflanzen sich wellenförmig fort. Die Ultraschallwelle breitet sich im menschlichen Körper im Unterschied zu festen Materialien immer nur als Longitudinalwelle aus. Man kann eine solche Longitudinalwelle als rhythmische Folge von Druck und Zugspannung bezeichnen.

Die Wellenlänge ist abhängig von der Schallgeschwindigkeit und Schwingfrequenz $\lambda = v / f$

Bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 1500 m/sec und in der Diagnostik verwendeten Frequenzen von 1 - 10 MHz liegt die Wellenlänge zwischen 1,5 - 0,15 mm. (29)

3.1.2. Ultraschallerzeugung und Ultraschallempfang

Zur Erzeugung des Ultraschalls bedient man sich des umgekehrt piezo - elektrischen Effekts (Gebrüder Curie 1888).

Polar gebaute Kristalle werden in einem elektrischen Feld zu

trägheitslosen Schwingungen angeregt und geben dann mechanische Schwingungen ab. Dieser Effekt ist umkehrbar, so daß er sowohl in einem Sender wie auch in einem Empfänger zur Wirkung kommen kann.

Dabei wird ein kurzer Ultraschallimpuls von wenigen Mikrosekunden abgestrahlt. Derselbe Kristall wird 0,3 ms später als Empfänger eingesetzt; die auftreffenden mechanischen Schwingungen werden in Wechselspannung umgewandelt und mittels einer Kathodenstrahlröhre sichtbar gemacht. Dieser Zyklus läuft ca 1000 bis 3000 mal in der Sekunde ab. (32)

Solche Kristalle mit Dipolcharakter kommen in der Natur als Quarzkristalle oder Rochelle-Salze vor oder werden synthetisch in Form keramischer Materialien wie Bariumtitrat oder Bleizirkonat hergestellt. Wichtig bei diesen Materialien ist der Kopplungskoeffizient, der angibt wieviel der elektrischen in akustische Energie umgewandelt wird. Bariumtitrat und Bleizirkonat haben einen 5 - 6 mal höheren Kopplungskoeffizient als Quarz. (29)

3.1.3. Akustische Impedanz

Die Echosignale sind in der Ultraschalldiagnostik die eigentlichen Träger der Information. Die Erzeugung von Echos beruht auf der mehr oder weniger starken Reflexion der Ultraschallwellen an allen Grenzflächen zwischen Geweben mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften.

Von Knochengewebe und gashaltigen Organen abgesehen ist der Impedanzunterschied zwischen verschiedenen biologischen Geweben gering, so daß der jeweils größte Teil des Ultraschalls transmittiert und nur ein kleiner Teil reflektiert wird, oft weniger als 1 % der Schallenergie.

Doch dies reicht zur nachweisbaren Reflexion aus. (38)

Die akustische Impedanz ist definiert als das Produkt aus Dichte mal Schallgeschwindigkeit.

Tabelle 1: Akustische Kenngrößen

Medium	Schallgeschwindigkeit m/sec	Dichte g/cm ³	Schallwellen- widerstand
Wasser	1497	0,997	$1,49 \times 10^5$
Fett	1476	0,928	$1,37 \times 10^5$
Muskel	1568	1,058	$1,66 \times 10^5$
Leber	1570	1,055	$1,66 \times 10^5$
Knochen	3360	1,850	$6,20 \times 10^5$
Luft	331	0,0012	41,3

An der Grenze zweier Medien unterschiedlicher Dichte werden Schallwellen bei senkrechtem Auftreffen auf der Grenzfläche reflektiert. Aber man erhält auch dann Echos, wenn Grenzflächen nicht senkrecht beschallt werden; die Ursache dafür ist die relative Rauigkeit der Flächen. (20)

Die Stärke der Reflexion richtet sich nach den unterschiedlichen Schallwellenwiderständen und ist umso größer, je größer der Unterschied der akustischen Impedanzen der benachbarten Medien ist. Haben zwei Medien dieselben Schallwellenwiderstände, findet an ihrer Berührungsstelle keine Reflexion statt; sie sind akustisch homogen. Das Verhältnis der zurückgeworfenen zur einfallenden Energie wird als Reflexionsgrad $R = (Z_1 - Z_2 / Z_1 + Z_2)^2$, wobei $Z = e \cdot v$ ist, bezeichnet.

Die obige Formel gilt bei senkrechtem Einfall der Schallwellen. (28) Die Reflexionsfaktoren sind sehr klein z.B. an der Grenzfläche Muskel/Fett 0,9 %, an der Grenzfläche Muskel/Wasser 0,3 % aber an der Grenzfläche Muskel/Knochen 33 %. (11)

Dadurch kann eine große Zahl von Grenzflächen überwunden werden und es können an allen in der Meßstrecke gelegenen Grenzflächen Echos erzeugt werden.

Totalreflexionen, wie sie zwischen Weichteilen und Knochen oder an der Grenze zwischen Weichteilen und Luft entstehen, sind unerwünscht, da dann die darunterliegenden Organe nicht mehr einzusehen sind. (11)

3.1.4. Ultraschallschwächung und Eindringtiefe

Außer durch Reflexion wird ein Großteil der Schallenergie beim Durchgang der Schallwelle durch ein Medium auch durch Absorption abgeschwächt. Dieser Teil der Energie wird nicht als Bewegung weitergegeben, sondern in Wärme umgewandelt. Der Absorptionskoeffizient Q gibt an, um welchen Prozentanteil die bei einem Punkt x vorhandene Intensität infolge Wärmeentwicklung geringer ist als ein cm davor. Diese Dämpfung unterliegt einer Exponentialfunktion $I_x = I_0 \cdot e^{-Qx}$.

Der Absorptionskoeffizient ist sowohl vom Gewebe, als auch von der Untersuchungsfrequenz abhängig. Je höher die Frequenz ist, desto größer wird die Dämpfung, desto geringer die Eindringtiefe sein.

Von Pohlmann wurde der Begriff der Halbwerttsschichtdicke eingeführt. Dies ist die Schichtdicke, welche die Intensität auf die Hälfte ihres Ausgangswertes reduziert. Bei Muskelgewebe beträgt sie unter Verwendung einer Frequenz von 0,8 MHz 2,1 cm, bei Fettgewebe 3,3 cm, bei Schädelknochen weniger als 0,1 cm. Außerdem ist noch sehr wichtig, ob die Schallausbreitung in Längsrichtung oder senkrecht zu den Muskelfasern verläuft. (8) Nach einer Gewebestrecke von 15 cm beträgt die Ultraschalleistung nur noch 1/1000 des Ausgangswertes. Darum müssen Echos, die aus großen Distanzen zurückkommen, entsprechend verstärkt werden. Diesen Vorgang bezeichnet man als Tiefenausgleich. (38) Weitere Verluste der Schallenergie entstehen durch Streuung.

3.1.5. Auflösungsvermögen

Unter dem Auflösungsvermögen versteht man die Fähigkeit, zwei Objekte als selbständige Einheiten voneinander sicher zu unterscheiden. Bei der Ultraschalluntersuchung muß man das axiale und das laterale Auflösungsvermögen unterscheiden.

Das axiale, auch als Tiefenauflösungsvermögen bezeichnet, wird durch die Wellenlänge und Anzahl der Schwingungen aus denen ein Impuls besteht bestimmt. (28)

Zwei Punkte lassen sich nur dann auflösen, wenn ihr Abstand in Schallrichtung gerade größer ist als die Impulsdauer.

Nach $\lambda = v / F$ ergibt sich bei einer Frequenz von z.B. 2,5 MHz die Grenze des Auflösungsvermögens mit 0,6 mm.

Da, wie man sieht, die Tiefenauflösung von der Wellenlänge abhängt, könnte man sie durch Erhöhung der Ultraschallfrequenz verbessern. Doch wird ein solches Vorgehen durch die dabei stärkere Dämpfung eingeschränkt. (13, 38)

Die Querauflösung wird von der queren Ausdehnung des Ultraschallfeldes bestimmt. Sie ist umgekehrt proportional der Breite des Schallbündels, welches von der Frequenz und der Schallquelle abhängt. (28) Sie ist daher nicht über das ganze Bild konstant, besonders dann nicht, wenn im Nah- und Fernfeld gemessen wird. Bei Messung im Fernfeld bei 2,5 MHz beträgt die Querauflösung 3 - 5 mm. Doch spielt beim B-Scan auch noch der Zeilenabstand eine gewisse Rolle. (38)

Bei geringeren Unterschieden der Schallwellenwiderstände muß die unterscheidbare Struktur bis 1,5 cm groß sein. (20)

Heute benutzt man Frequenzbereiche von 2 - 3,5 MHz; dies bedeutet einen Kompromiß zwischen Eindringtiefe von bis zu 20 cm und einem guten Auflösungsvermögen. (14)

3.1.6. Die verschiedenen Ultraschallverfahren Allgemein

Die Elektronik der jeweiligen Ultraschallgeräte mißt die Zeit zwischen Abstrahlung und Empfang des Ultraschallimpulses.

Außerdem wird die Höhe des jeweiligen Echoimpulses als Amplitude eines Spannungssignales erfaßt. Dieses Spannungssignal kann auf zwei verschiedene Weisen dargestellt werden. (64)

3.1.6.1. Amplituden - Scan (A - Scan)

Beim A-Bildverfahren werden die Echos als vertikale Auslenkungen entlang der Basislinie eines Oszillographen dargestellt. Die Höhe der Auslenkung entspricht der Amplitudenhöhe des Echos. Der Abstand der Echos entlang der Basislinie ist proportional der Zeit und damit der Entfernung des Echos. (28) Mit diesem A-Scan Verfahren begann die Ultraschalldiagnostik in der Medizin. Dieses Verfahren eignet sich in erster Linie

zur Entfernungsmessung und, da es schwellenlos arbeitet, wird es zur Ergänzung des B-Scan Verfahrens angewendet.

3.1.6.2. Brightness - Scan (B - Scan)

Beim B-Scan handelt es sich um das eigentliche bildgebende Verfahren. Hierbei werden die Echos in Form von hellen Punkten entlang der Basislinie dargestellt.

Dies wird dadurch erreicht, daß die Spannung der Echoimpulse nicht mehr den Ablenkungsplatten einer Kathodenstrahlröhre zugeführt werden, sondern der Z-Achse, welche die Stromstärke des Kathodenstrahlers steuert.

Die Helligkeitspunkte sind dabei proportional der Echoamplitude. Das zweidimensionale Schnittbild wird dadurch aufgebaut, daß zahlreiche eindimensionale Ultraschallstrahlen in einer Ebene nebeneinander angewendet werden und in die jeweilige Körperregion gestrahlt werden. (28, 64)

Dabei entspricht jeder einzelne Ultraschallstrahl einer Bildzeile des B-Bildes. Jedem Punkt der Schnittebene durch den Körper entspricht ein Punkt auf dem Bildschirm.

Der Verlauf der einzelnen, den Bildzeilen entsprechenden Ultraschallstrahlen, ist je nach verwendetem System konvergierend, divergierend oder parallel. Auch eine Kombination ist möglich, dabei wird ein Ortspunkt mehrfach abgetastet.

Früher verwendete man das sogenannte bi-stabile Abbildungsverfahren; dabei wurde ein Punkt ab einer gewissen Echointensität als heller Bildpunkt dargestellt oder unter einem Schwellenwert liegende Bildpunkte unterdrückt.

Heute wird das Grey-Scale-Verfahren benutzt; dabei werden verschiedene Echo-Intensitäten mit Graustufen dargestellt. (28)

Die klinische Diagnostik basiert heute fast ausschließlich auf der Beurteilung des B-Bildes. Dabei verwendete Verfahren werden in zwei Klassen eingeteilt, in:

Compound - Scan und Real - Time - Scan. (64)

3.1.6.2.1. Compound - Scan

Der Schallkopf ist beim Compound-Scan an einem schwenkbaren Arm befestigt und wird von Hand über die Körperoberfläche geführt, wobei mittels einer mechanisch-elektronischen Koppelung die Position und Stellung des Schallarmes und der Abstrahlrichtung auf die Bildröhre übertragen wird.

Im Prinzip ist der Compound-Scan eine Kombination einer linearen, bogenförmigen und sektorförmigen Scanbewegung.

Man verwendet den Compound-Scan für die Erstellung vollständiger Körperquerschnitte.

Beim Compound-Scan wird das Bild innerhalb mehrerer Sekunden aufgebaut und die Echoinformationen müssen zwischengespeichert werden. Daraus resultiert eine im Vergleich zum Echtzeitscanner lange Untersuchungszeit. Ein Vorteil der Compoundgeräte sind ihr relativ großes Blickfeld, das eine gute topographische Übersicht gestattet. Die Möglichkeit der vergrößerten Darstellung ist bei speziellen Untersuchungen (Mammographie) sehr wichtig.

3.1.6.2.2. Real - Time - B - Scan

Man erhält mittels dem Real-Time-Scanner ein Sofortbild, eine Tatsache, welche die kurze Untersuchungszeit erklärt.

Ermöglicht wurde dieses Verfahren durch die Applikation mehrerer linear angeordneter Schallelemente (lineare Arrays), die elektronisch einzeln gesteuert werden und unabhängig voneinander senden und empfangen. Einen solchen Effekt erreicht man auch dadurch, daß wie z.B. beim Vidoson 3 Schallwandler in einem kegelförmigen Träger liegen, welcher in der Brennnlinie eines Parabolspiegels rotiert. (64) So wird das Bild auf einem nicht speicherndem Schirm ständig neu aufgebaut; 30 bis 40 mal pro Minute. Daraus resultiert für das menschliche Auge ein stehendes Bild, in welchem alle Körperbewegungen beobachtet werden können. (46)

Die geringeren Anschaffungskosten, kürzere Untersuchungszeiten, ein wesentlich kleinerer Raumbedarf, das bessere Erkennen von Gefäßverläufen haben dem Echtzeitscan zum Durchbruch verholfen.

Allerdings ist die Untersuchung mittels Real-Time-Scan an einen Arzt gebunden. (4, 53, 64)

Durch diese auch als 'schneller B-Scan' bezeichnete Methode haben Compound-Scanner an Bedeutung verloren.

3.2. Nebenwirkungen des Ultraschalles

Aus der Zeit der therapeutischen Anwendung des Ultraschalles sind unerwünschte Nebenwirkungen bekannt, die auf mechanischen und thermischen Effekten z.B. der Umwandlung der Ultraschallenergie in Wärme beruhen. Es kann dabei durch Überdosierung zur Verkochung des Gewebes wie nach einer Elektrokoagulation kommen. Mehrfach beschriebene chemische Veränderungen wie Änderung des PH-Wertes der Gewebe, Bildung von H_2O_2 -Radikalen und Änderungen von Membranaufbauten sind wohl eher Folge einer mechanischen Wirkung als durch direkte Ultraschallwirkung verursacht.

Doch sind alle diese beschriebenen Nebenwirkungen frequenzabhängig und intensitätsabhängig und dadurch bei diagnostischem Ultraschall nicht maßgebend.

Ergebnisse von Nachuntersuchungen, sowie Tierexperimente und in-vitro-Beschallung von Zellkulturen ergaben, daß bei den in der medizinischen Diagnostik verwendeten Intensitäten (10 mWatt/cm^2) und Frequenzen keine Schädigungen zu befürchten sind.

1970 wurde von Macintosh und Davey über eine große Zahl von Chromosomenaberrationen nach Ultraschallexposition in Leukozytenkulturen berichtet und damit die Diskussion über Ultraschallnebenwirkungen neu angeheizt. (28)

Zahlreiche wissenschaftliche Zentren z.B. Rott und Mitarbeiter, Coakley und Mitarbeiter, Hill und andere mehr konnten in nachfolgenden Untersuchungen die Beobachtungen von Macintosh nicht bestätigen.

Zusammenfassend darf wohl festgehalten werden, daß den in der Ultraschalldiagnostik verwendeten Energien mit einer an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit in vivo keine schädigenden Nebenwirkungen zukommen, obwohl unsere Kenntnisse der Wechselwirkungen zwischen Ultraschall und Geweben noch unvollständig sind. (28, 38)

3.3. Typische Ultraschallbefunde

3.3.1. Normalbefund

Im Ultraschalllängsbild stellt sich die Gallenblase als ovaler bis birnenförmiger, reflexfreier Bezirk an der Dorsalfläche des rechten Leberlappens dar. Dabei überragt der Gallenblasenfundus den Leberunterrand nicht.

Der Durchmesser der Gallenblase im Längsschnitt ist leicht zu messen und beträgt je nach Form der Gallenblase 7 - 9 cm. Da die Gallenblase nicht selten auch abgewinkelt ist, läßt sich eine Vergrößerung oft besser mittels des Querdurchmessers, der 3 cm nicht überschreiten soll, diagnostizieren.

Die Kontur der Gallenblase im Normalbefund ist scharf und das Lumen echofrei, weil die Galle dem Ultraschall keine reflektierende Fläche bietet.

Die Darstellung des Ductus cysticus indes gelingt in nicht dilatiertem Zustand nur selten.

Die intrahepatischen Gallenwege sind wenn überhaupt nur als schmale Reflexbänder zu erkennen. Bei dichter Leberstruktur sind diese Reflexbänder der Gallenwege oft nicht abzugrenzen. Die extrahepatischen Gallenwege sind normalerweise nicht eindeutig darstellbar und nur in Ausnahmefällen diagnostizierbar. (23, 38, 46)

3.3.2. Cholecystolithiasis

Gallenblasensteine besitzen einen hohen Reflexionsgrad, unabhängig davon, ob sie radiopak sind oder nicht und unabhängig von ihrem Kalkgehalt. (28)

Typischerweise ist der Gallenblasenstein durch zwei sonographische Effekte charakterisiert. Durch den Steinreflex und durch den Steinschatten.

Einzelne und auch mehrere Steinreflexe finden sich gewöhnlich an der dorsalen Begrenzung der Gallenblase, selten im Fundus oder in der Mitte der Gallenblase.

Steinreflexe sind experimentell schon ab einer Steingröße von 2 mm erzeugbar, ein Schallschatten erst ab einer Größe von 5 mm.

Weder die chemische Zusammensetzung, noch die Form der Steine spielen in Bezug auf Steinreflex und Schallschatten eine Rolle. Als indirektes Zeichen für Gallensteine sind die durch sie bedingten Schallschatten zu werten. Durch die starke Schallwellenabsorption der Steine kommt es dorsal von ihnen zu einer Schattenbildung.

Dieser Steinschatten liefert eine gute Korrelation zum Steindurchmesser; erst ab einem Steindurchmesser von 4 - 5 mm, sofern der Stein im Focus liegt, ist mit einem Schallschatten zu rechnen.

Tabelle 2: Korrelation von Steinreflex (quere Ausdehnung) und Steinschatten (Breite) zum Steindurchmesser bei ideal runden Steinen im Wasserbad

Steindurchmesser	2	3	4	5	6	7	8	9,5	10	12	15 mm
Steinreflex	8	10	11	12	16	13	14	19	20	22	21 mm
Steinschatten	-	-	-	5	7	8	10	11	12	12	17 mm

(38)

Steindiagnostik wird ab einer Steingröße kleiner als 6 mm sehr schwierig, da einmal der Schallschatten fehlt und zweitens Gallenblasenrückwandreflexe sich nur schwer von kleinen Gallensteinen unterscheiden lassen.

Der Verdacht der Steinbildung darf nicht auf Grund eines einzigen Scans gestellt werden, sondern muß durch die Darstellung des Gallensteines in vielen Schnittebenen erfolgen.

Steine in einer Schrumpfgallenblase oder einer funktionell sehr kleinen Blase können diagnostische Schwierigkeiten machen. Die Steinechos werden in diesen Fällen dann nicht von echofreier Galle umgeben und somit weiß man nicht, ob die Echos und die Schallschattenzone von einem Stein oder von Luftblasen im Colon stammen.

Eine Verlaufskontrolle kann hierbei weiteren Aufschluß geben; ebenfalls erzeugen Darmgase intensivere Reflexe und schwächere Schallschatten. (3, 28, 30, 38, 46)



3.3.3. Cholecystitis

Sowohl die akute als auch die chronische Cholecystitis tritt meist als Komplikation einer Steingallenblase auf; Cholecystitiden kommen ohne Steine sehr selten vor. (41)

Bei entzündlichen Erkrankungen der Gallenwege fällt eine durchgeführte Cholangiocholecystographie meist negativ aus, da die Konzentrationsfähigkeit der Gallenblasenwand stark herabgesetzt ist.

Durch Verbesserung des Auflösungsvermögens und exakter Beobach-

tung der Wandverhältnisse, ist es heute möglich geworden, entzündliche Veränderungen der Gallenblasenwand auf Ultraschallbasis zu befunden.

Die Darstellung ödematöser Gallenblasenzustände mit und ohne Konkrementen mittels Ultraschall kann die klinische Verdachtsdiagnose Cholecystitis bestätigen.

Ein Zeichen für eine laufende oder abgelaufene Entzündung ist die Darstellbarkeit der Gallenblasenwand als helles Reflexband; dieser Befund wird durch eine bindegewebige Verdickung der Wand verursacht. Verdickungen der Gallenblasenwand sind im Ultraschall ab 3 mm sichtbar. (19)

Eine Basislinie von 1 - 2 mm wird als einer normalen Gallenblasenwand entsprechend gewertet.

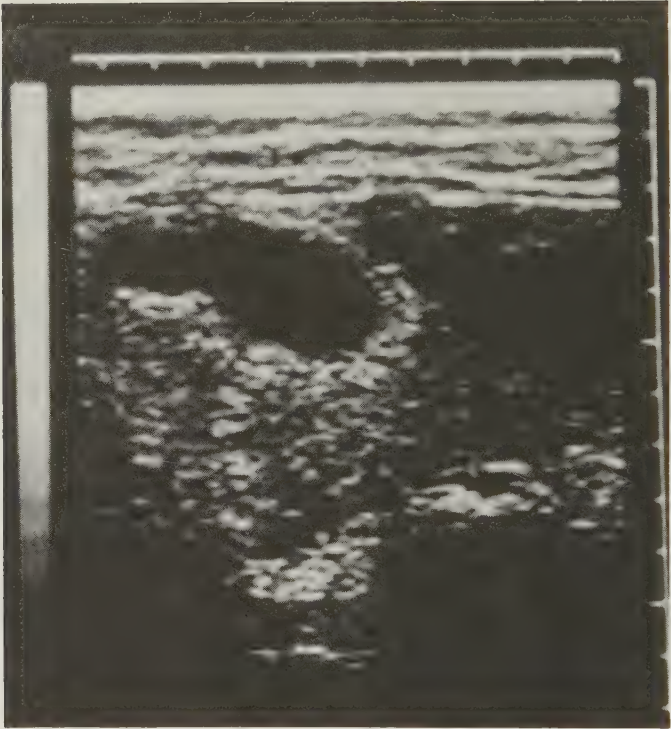
Das Mallinchrodt Institute of Radiology der Washington University von St. Louis, Missouri beziffert ihren Untersuchungen zufolge eine richtige Ultraschalldiagnose bei verdickter Gallenblasenwand mit 39 % Treffsicherheit. (33)

Stephen J. Händler fand bei seinen Untersuchungen der Gallenblasenwandveränderungen, daß sich nur in ca. 25 % der Fälle mit Normalbefund die Gallenblasenwand im Ultraschall darstellt.

Es erscheint dann ein dünnes Reflexband mittlerer Grautonechos.

Bei verdickten Gallenblasenwänden von 3 - 10 mm findet man im Ultraschall eine charakteristische Zunahme der Echos.

Handler fand in nur 16 % der Fälle richtig positive Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung bei Cholecystitis. (19, 25)



Bei der chronisch entzündeten Gallenblase ist nicht unbedingt die Wandverdickung so charakteristisch, als vielmehr eine Schrumpfung der gesamten Gallenblase, wobei deren Lumen unregelmäßig begrenzt erscheint.

Die Konzentrierung der Galle, sowie die oft gleichzeitig in der geschrumpften Gallenblase vorhandenen Gallensteine, bedingen bei Schrumpfgallenblasen eine sonographische Konsistenzänderung, wobei an Stelle der normalen Gallenblasenbefunde eine weitgehende solide, stark reflexogene Zone mit begleitender akustischer Schattenzone nachweisbar ist. (63)

Beim sonographischen Bild einer Porzellangallenblase gibt die Kalzifikation der Gallenblasenwand zu einer Schattenbildung in typischer Weise Anlaß. (30)

3.3.4. Tumore der Gallenwege

Tumore der Gallenwege kommen besonders im 6. und 7. Lebensjahrzehnt vor, wobei Frauen viermal häufiger betroffen sind.

Gallenblasentumore stellen einen seltenen Ultraschallbefund dar. Die Tumore der Gallenblase lassen sich prinzipiell als zirkumskripte Wandveränderungen darstellen, besonders bei polypösem Wachstum, das bei 30 % der Gallenblasencarcinomen der Fall ist. (65)

Sie bilden eine ins Lumen vorspringende Protuberanz. Typisch für einen exophytisch wachsenden Gallenblasentumor sind bei der Ultraschalluntersuchung intraluminalechobesetzte Veränderungen mit fehlendem Schallschatten. Es kann auch vorkommen, daß der Tumor die ganze Gallenblase ausfüllt, die dann ein diffuses Echo sendet. (38, 46)

Sind zusätzlich zu den Tumormassen noch Gallenblasensteine oder ein nekrotischer Herd vorhanden, so erscheint sonographisch die Gallenblase als sogenanntes 'bull-eye' mit diffusen niederen Echos und einem Zentrum hoher Echos.

Die Mount Sinai School of Medicine of the City University of New York führte unter Leitung von Hsu-Chong Yeh, M.D. Untersuchungen über Gallenblasen-Carcinome durch und fand in nur 50 % der Fälle mit Gallenblasencarcinomen richtige sonographische Diagnosen. (3)

Carcinome der Gallenblase bei gleichzeitiger Cholecystolithiasis sind noch schwieriger zu erkennen. (21)

Nach Voittinen sind 86 % der Gallenblasencarcinome mit Steinen vergesellschaftet. (65)

Maligne Tumore der Gallenblase und der Gallengänge kommen sonographisch oft erst dann zur Diagnose, wenn sie bereits die Leber infiltriert haben. Diese Infiltration der Leber ist dann im Ultraschallbild oft auffallender als der Primärtumor. (46)

Tumore der Gallenwege sind im Frühstadium im Ultraschall meist nicht direkt als solche zu diagnostizieren; leicht festzustellen dagegen sind die dadurch bedingten Stauungen der biliären Strukturen. (40)

3.3.5. Pathologische Veränderungen der Gallengänge

Mit Hilfe der Sonographie kann sowohl ein erweiterter Ductus choledochus, als auch eine Stauung der intrahepatischen Gallengänge diagnostiziert werden.

Eine Choledochusdilatation fällt einem erfahrenen Untersucher schon im subcostalen Schrägschnitt auf. (46)

Michael Behan und Elias Kezam vom New York Hospital-Cornell Medical Center veröffentlichten 1978 ihre Ergebnisse über die sonographische Untersuchung der Gallengänge und führen an, daß der extrahepatische Anteil des Ductus hepaticus und der proximale Ductus Choledochus echographisch ab einer Lumenweite von 3 mm darstellbar sind. (1)

H. Lutz gibt an, daß eine Erweiterung der extrahepatischen Gallengänge diagnostiziert werden kann, wenn der Durchmesser größer als 0,5 cm ist. (38)

Auf dem transversalen Schnittbild liegt der Ductus hepaticus im Bereich des Leberhilus ventral der Vena portae als ein zweites kanalikuläres Gebilde.

Der proximale Anteil des Choledochus verläuft rechts und geringgradig ventral der Vena portae. (10)

Bei Untersuchung von der rechten Flanke aus, läßt sich der Ductus choledochus auf mehreren Zentimetern Verlauf darstellen. Sein Kaliber ist dabei direkt messbar. Allerdings läßt sich nur der proximale Anteil gut abbilden, der distale Anteil ist ob seiner Lage hinter dem lufthaltigem Duodenum nur selten darstellbar. (38)

Die Dilatation der intrahepatischen Gallengänge gibt ein sehr typisches sonographisches Bild.

Im normalen Zustand sind die intrahepatischen Gallengänge fast nie abgrenzbar, im dilatiertem Zustand erkennt man sie als knorrig-astartige Kanäle. Dabei nimmt ihr Kaliber in Richtung auf die Leberpforte hin zu, was sie von den Lebervenen gut unterscheidbar macht. (11)

Auf Grund sternförmiger Konfluenz im Leberhilus, sowie der schwach reflexogenen Gefäßwandung und des geschlängelten Ver-

laufs sind die intrahepatischen Gallengänge gut abgrenzbar und ab einem Durchmesser von 4 mm sonographisch sichtbar.

Die Treffsicherheit ist dabei weitgehend abhängig vom Ausmaß der Dilatation der Gallengänge, welche wiederum mit der Höhe des Serumbilirubinspiegels und der Dauer des Ikterus korreliert. (10, 62)

Bei der Differenzierung eines Ikterus zwischen intrahepatisch und extrahepatisch ist die Ultraschalluntersuchung mittlerweile die Methode der Wahl. In einer retrospektiven Studie von Triller und Göel der Universität Bern wird die Treffsicherheit bei parenchymatösen Ikterus mit 94 % angegeben und ein Verschlußikterus in 96 % der Fälle richtig differenziert.

Die sonographischen Kriterien des obstruktiven Ikterus beziehen sich im allgemeinen auf den Nachweis erweiterter intrahepatischer Gallengänge. Doch in der frühen Erkrankungsphase oder bei inkomplettem extrahepatischem Verschluß sind die prästenotischen Dilatationen oft gering. Fast immer möglich ist die Unterscheidung distale oder proximale Obstruktion.

Bei der distalen Obstruktion findet man sonographisch die intra- und extrahepatischen Gallengänge erweitert, sowie häufig eine vergrößerte Gallenblase. Gerade der Gallenblasenhydrops fehlt bei einem proximalen Verschluß. (51, 62, 66)

Laut Triller und Göel, Universität Bern sind Choledochuskonglomerate in ca. 39 % der Fälle Ursache eines extrahepatischen Ikterus. (10)

Doch sind Gallengangssteine sowohl extra- als auch intrahepatisch gelegen schwer zu diagnostizieren.

Als beweisend in der sonographischen Diagnostik gilt nur der Nachweis eines Steinreflexes und gleichzeitig des Schallschattens.

Wegen seiner hinter dem Duodenum gelegenen Position sind Steine im distalen Choledochus praktisch nicht nachweisbar. (38)



4. Computertomographie

4.1. Physikalische und technische Grundlagen der computertomographischen Untersuchung

4.1.1. Abbildungsprinzip

Seit der Aufnahme der ersten Röntgenfilme haben immer wieder Überlegungen stattgefunden, das Summationsbild der im Strahlengang der Röntgenquelle liegenden verschiedenen Organstrukturen zu zerlegen und nur eine Ebene des Körpers mit den darin liegenden Organen abzubilden. (22)

Zweifelsfrei gebührt dem Engländer G.N. Hounsfield, einem Elektronikingenieur, der Verdienst, den entscheidenden Durchbruch in der Computertomographie - besonders im Hinblick auf deren Verwendung im medizinischen Sektor - eingeleitet zu haben.

Im Oktober 1971 stellte Hounsfield sein erstes Gerät vor und seitdem setzte sich die Computertomographie in der radiologischen Diagnostik weltweit durch.

Beim Prinzip der Computertomographie durchdringt ein von einer Röntgenröhre ausgesandter, eng gebündelter Röntgenstrahl die aufzunehmende Körperschicht, wird hier durch die Organe zum Teil absorbiert und gestreut und gelangt geschwächt in einen Meßwertaufnehmer (Detektor).

Zusammen mit einem Referenzdetektor, der sich am Strahlenausgang der Röntgenröhre befindet, kann die durch den Körper verursachte Schwächung des Röntgenstrahles mittels einer Vergleichsmessung sehr genau quantifiziert werden.

Mit geeigneten Meßfühlern kann die Absorptionsmessung um einen Faktor 100 genauer erfolgen, als durch die Differenzierung der Graustufung eines Röntgenfilmes. Der gemessene Digitalwert wird dann in einem Rechner weiterverarbeitet.

Die Breite des bilderzeugenden Röntgenstrahles in Körperlängsrichtung bestimmt die Dicke der Scheibe, die mit dem Tomogramm aus dem Körper geschnitten wird. Die Schichtdicke beträgt üblicherweise 4 - 10 mm, früher 13 mm.

Ziel der rekonstruktiven überlagerungsfreien Tomographie ist es, jedem Punkt der Körperschicht den Absorptionswert zuzuordnen, den er anteilmäßig zur Schwächung des durchdringenden Röntgenstrahles beigetragen hat.

Da nur eine endliche Zahl von Projektionen verfügbar ist, kann dieser Körperpunkt nicht eindimensional sein, sondern muß eine quadratische Form repräsentieren.

Wegen der Breite des Röntgenstrahlenbündels wird die Schwächung auch in entsprechender Ausdehnung senkrecht zur Fläche des Quadrates erfaßt und somit wird die untersuchte Schicht in gleichgroße ca. $1 \times 1 \text{ mm}^2$ x Schichtdicke quaderförmige Elementarvolumina (Matrixelemente) unterteilt. Heute werden Bildmatrizen mit $256 \times 256 = 65\,536$ oder $512 \times 512 = 262\,144$ Pixel verwendet. Entsprechend dieser Bildpunktzahl ist eine korrespondierende Zahl von Absorptionswertmessungen erforderlich. Dazu wird die Röntgenröhre kreisförmig um den Patientenkörper verschoben; dabei durchdringt jeder Röntgenstrahl eine andere Kombination von Matrixpunkten. Bei den heutigen Geräten werden so ungefähr zwischen 60 000 und 100 000 Messungen pro Tomogramm durchgeführt.

Die rechnerische Weiterverarbeitung - Normierung, Faltung, Rückprojektion - der Meßwerte zum CT-Bild ist in der vertretbaren Rechenzeit von einigen Sekunden nur mit Hilfe eines Computers möglich. Dieser Computer berechnet das mittlere Schwächungsvermögen jedes einzelnen Volumelementes.

Zur Darstellung des CT-Bildes werden die CT-Werte aller Bildpunkte als Graustufen oder Farbwerte auf einem elektronischen Sichtgerät wiedergegeben.

Das endgültige Transversalschichtbild ergibt sich somit aus der Summe der zusammengesetzten Quadern. (12, 22)

4.1.2. Strahlungsquelle

Um mit der Computertomographie eine gute Weichteildiagnostik betreiben zu können, muß der Schwächungskoeffizient mit einer Genauigkeit von etwa 0,5 bis 1 % bestimmt werden können, denn die Unterschiede innerhalb der Weichteilstrukturen liegen im

Bereich weniger Prozente. Um eine solche Meßwertgenauigkeit von z.B. 0,5 % erreichen zu können sind allein wegen des Quantenrauschens etwa 100.000 Röntgenquanten pro Meßwert nötig. Da geeignete radioaktive Isotope mit entsprechend hoher spezifischer Aktivität kaum erhältlich sind, kommt als Strahlungsquelle nur eine Röntgenröhre mit hoher Dauerleistung in Betracht.

Geräte der zweiten Generation waren mit Stehanodenröhren ausgestattet, die meist mit ca. 120 Watt bei 30 mA betrieben wurden.

Fächerstrahlssysteme, die im Impulsbereich von 2 msek arbeiten, sind mit Drehanodenröhren ausgestattet.

Hohe Anforderungen werden bei der Computertomographie an den Generator gestellt, der um eine reproduzierbare Meßgenauigkeit von 0,5 % zu erhalten, eine Konstanz von Strom und Spannung im Promillbereich gewährleisten muß.

Ein neuer Entwicklungstrend zielt auf die Anwendung anderer Energie (Strahlen) -Quellen, vor allem von Radionuklididen (Emissions CT) und Ultraschall. (8, 12, 36)

4.1.3. Meßwertaufnahme

Eine wesentliche Voraussetzung für aussagekräftige CT-Bilder ist die präzise Erfassung der Meßdaten. Für die Art dieser Meßwertaufnahme sind im Laufe der Entwicklung mehrere Verfahren benutzt worden.

Am Anfang wurde nur ein einziger Detektor, der starr mit der Röntgenröhre verbunden war, verwendet. Während der Linearbewegung dieses Meßsystemes tastet ein fein kollimierter Röntgenstrahl von 1 - 3 mm Breite und 2 - 10 mm Höhe die Objektschicht ab und ein Szintillationskristall mißt auf der gegenüberliegenden Seite die Abschwächung. Nach jeder linearen Abtastbewegung wurde hierbei das Meßsystem um einen kleinen Schritt z.B. ein halbes Grad um das Objekt gedreht und die lineare Abtastung wiederholt.

Um die Aufnahmezeit zu reduzieren wurde bei den Geräten der zweiten Generation nicht mehr ein einzelnes, schmales Röntgen-

strahlenbündel benutzt, sondern ein Röntgenstrahlenkegel von ca. 6° Grad, welcher nach Passage des Objektes von mehreren Detektoren registriert wurde. Gute Ausnutzung des Röntgenstrahlenkegels ermöglichte es, die Bildaufnahmezeit von einigen Minuten bis auf 10 Sekunden zu reduzieren.

Für Aufnahmen im Abdomen und Thorax werden aber noch niedrigere Meßzeiten benötigt. Dies führte zur Entwicklung sogenannter Fächerstrahlgeräte (fan beam), bei denen das Meßsystem einen Array von 256 oder 512 fokussiert nebeneinander angeordneter Detektoren enthält und nur noch eine einzige Relativbewegung zum Objekt fährt.

Dabei kann das Detektor Array gemeinsam mit der Röhre um das Objekt rotieren oder aber es können die Detektoren auf einem stationären Ring angeordnet sein; dabei umfährt dann nur noch die Röntgenröhre das Objekt.

Die Detektoren sind bei diesen Geräten der dritten Generation spezielle Ionisationskammern. (8, 22, 48)

4.1.4. Bildrechnungssystem

Für die rekonstruktive Bildgewinnung gibt es mehrere mathematische Verfahren, auch als Algorithmen bezeichnet, die mit Unterstützung einer Rechenanlage geeignet sind aus dem tausenden von aufgenommenen Meßwerten ein transversales Querschnittsbild zu berechnen. (22)

Die ersten Bildrekonstruktionsverfahren in der Computertomographie waren algebraischer Art. Hounsfield wollte durch das sogenannte Iterationsverfahren, ein mathematisches Verfahren, erreichen, daß durch wiederholte Korrekturrechnungen aus den Näherungswerten der Lösungen echte Lösungen der gestellten Aufgabe werden. Die große Schwierigkeit dieses Verfahrens ist, daß es erst nach Vorliegen aller Meßwerte angewendet werden kann und daher Rechenzeiten von Minutenlänge benötigt.

Für die modernen Tomographiegeräte hat sich weitgehend das Verfahren der gefilterten Rückprojektion (filtered back - projection) durchgesetzt, mit dem eine gute Rekonstruktion des Objektbildes bei kurzer Rechenzeit möglich ist. Dabei wird der

mit Fehlern behaftete Meßwert sofort mit einer fehlerausgleichenden Funktion bearbeitet. Als Fehlerfunktionen sind z.B. die Fourier-Transformation und Integralfunktionen geeignet. Um Unschärfen zu vermeiden sind neben der Faltungsrechnung weitere Signal- und datentechnische Korrekturen erforderlich:

1. Kalibrierung der Detektoren
2. Aufhärtungskorrektur
3. Logarithmierung

Mit den heutigen leistungsstarken Computern sind die notwendigen ca. 20 Millionen Multiplikationen in Sekunden errechnet.

4.1.5. Schwächungskoeffizientenskala und ihre optische Umsetzung

Für die Messung des Schwächungskoeffizienten oder Absorptionswertes hat sich wegen des weitgehend linearen Zusammenhangs mit der Dichte der Begriff 'Dichtemessung' oder 'Densitometrie' durchgesetzt.

Mittels der Computertomographie kann man ungefähr 2000 verschiedene Dichtewerte unterscheiden.

Für die Meßwerte wurde eine eigene Meßeinheit eingeführt, die sich international durchgesetzt hat und deren Grundgröße zu Ehren Hounsfield's 1 H genannt wird.

Dabei wird die relative Abweichung des Schwächungskoeffizienten des Objektmaterials vom Schwächungskoeffizienten eines Referenzmaterials angegeben. Ein geeignetes Bezugsmaterial ist Wasser.

Die Zuordnung der Hounsfield-Einheiten zu den Absorptionswerten erfolgt durch folgende Gleichung:

$$\text{Hounsfield-Einheit 1 H} = \frac{\mu - \mu_{\text{H}_2\text{O}}}{\mu_{\text{H}_2\text{O}}} + 1000$$

Das Dichtespektrum in der von Hounsfield eingeführten relativen Dichteskala reicht von Luft mit einem Wert nach obiger Gleichung von -1000 H, Wasser als Fixpunkt dieser Skala mit

0 H bis zu der Knochenkompakta des os petrosum mit ca. +1700 H. Die Organdichten bewegen sich zwischen +30 und +150 H; Fettgewebe wird zwischen ± 0 H und -100 H gemessen, wodurch sich Organgrenzen deutlich zeigen. (8, 22)

Die CT-Werte der Bildpunkte werden als Graustufen auf einem elektronischen Sichtgerät wiedergegeben. Der Bereich von 2000 CT-Werten muß dabei den Graustufen des Sichtgerätes zugeordnet werden. Das menschliche Auge kann aber nur ca. 32 Grautöne auflösen. Nur mittels des elektronischen Fensters ist es darum möglich, den Bildinhalt vollständig auszuschöpfen. Mit der Technik des elektronischen Fensters wird nur ein vom Untersucher wählbarer Teilbereich der CT-Werteskala in Graustufen abgebildet, der Rest schwarz bzw. weiß. (8)

4.1.6. Auflösungsvermögen

Die Erkennung eines Detail im rekonstruktiven computertomographischen Querschnitt erfordert zum einen eine Mindestgröße des Objektes, zum anderen aber auch eine minimale Differenz des Objekt-Absorptionswertes zu seiner Umgebung.

Man muß einen Kompromis eingehen zwischen erreichbarer Dichteauflösung und akzeptabler Strahlenbelastung.

Ein Absorptionswertgradient von 0,5 % zur Umgebung ergibt bei akzeptabler Strahlenbelastung eine Detailauflösung von 1,2 mm Objektdurchmesser. Bei großen Dichtedifferenzen kann eine geometrische Auflösung von 1 mm und weniger Detaildurchmesser erreicht werden.

Räumliche Auflösung, Dichteauflösung, Strahlenbelastung des Patienten und Schichtdicke sind über eine mathematische Beziehung verknüpft.

So erfordert eine Verdoppelung der räumlichen Auflösung bei gleicher Dichteauflösung eine Verachtfachung der Strahlendosis.

Der Grenzwert der räumlichen Auflösung bei abdominellen Untersuchungen liegt etwa bei 5 mm, (8 mm Schichtdicke, 125 KV, 230 m As). (8, 22, 47)

4.2. Nebenwirkungen der Computertomographie

Da es sich bei der computertomographischen Untersuchung um ein Röntgenverfahren handelt, ist der Patient einer Strahlenbelastung ausgesetzt.

Um hier eine hinreichende Dichteauflösung zu ermöglichen, sind pro Schichtaufnahme ca. 5×10^{10} Röntgenquanten nötig; dies entspricht einer Ionendosis von 1,3 Röntgen und einer absorbierten Energiedosis von 0,013 Gy (1,3 rad) pro tomographischer Schicht.

Bei aneinanderliegenden Schichtaufnahmen addiert sich zu der Strahlendosis im direkten Strahlengang noch Anteile der von Nachbarschichten kommenden Streustrahlung.

Dank der eng gebündelten Röntgenstrahlen ist dieser Streustrahlenanteil gering, so daß bei nebeneinanderliegenden Schichten eine Gesamtdosis von 0,02 Gy (2,0 rad) im Untersuchungsbereich nicht überschritten wird.

Bei sich überlagernden Schichtaufnahmen steigt die lokale Strahlenbelastung additiv an.

Die Strahlenbelastung bei einer computertomographischen Untersuchung des Abdomens wird mit ca. 2 rad/maximale Eintrittsdosis angegeben.

Die Gonadendosis wird durch die untersuchte Körperregion bestimmt. Die Gonadendosen betragen bei der Frau je nach untersuchtem Organ zwischen 75 mrad (Pankreasuntersuchung) und 360 mrad (Nierenuntersuchung).

Beim Mann ist die Exposition der Gonaden geringer und zwar 1 - 10 mrad je nach Organuntersuchung.

Es wird geschätzt, daß die genetisch signifikante Dosis durch computertomographische Untersuchungen um höchstens 1/1000 des ursprünglichen Wertes ansteigt. (8, 22, 35)

4.3. Typische computertomographische Befunde

4.3.1. Normalbefund

Die computertomographische Darstellung einer normalen, gesunden Gallenblase gelingt ohne Gabe von Kontrastmittelsubstanzen, da sich die Dichte der Gallenflüssigkeit deutlich von der Dichte der Leber und benachbarter Strukturen unterscheidet.

Die Dichtewerte der normalen Gallenblase liegen im Bereich von 0 H bis +20 H, bei hohen Cholesterinwerten ergeben sich auch negative Absorptionskoeffizienten und heben sich damit deutlich von der normalen Leber mit Dichtewerten zwischen +50 H und +60 H ab. (44)

Im computertomographischen Bild kommt die Gallenblase auf den kaudalen Schichten der Leber zur Darstellung und weist große Lageunterschiede im Bereich des Leberhilus auf.

Die Gallenwege sind nur dann computertomographisch gut darstellbar, wenn die Lumenweite mindestens 4 - 6 mm beträgt; zarte englumige nichterweiterte Gallenwege sind in der Regel nicht zu erkennen; nur zufällig stellt sich die Hepaticusgabel mit hilusnahen Aufzweigungen dar. Sie ist aber nur schwer gegen die Blutgefäße abzugrenzen.

Auch nach Gabe eines biliären Kontrastmittels sind nur die hilusnahen Gallengänge sichtbar kontrastiert; periphere Gallengänge werden in ihrer Dichte nicht sichtbar angehoben, weil bei ihrem Durchmesser von 1 - 2 mm in der 5 - 10 mm breiten computertomographischen Schicht der Partial - Volume - Effekt wirksam wird. (8, 22, 19)

4.3.2. Cholecystolithiasis

In der Gallenblase lokalisierte Konkremeente können dann ohne Kontrastmittel dargestellt werden, wenn eine partielle Kalk-

inkrustation vorliegt.

Selbst kleine kalkhaltige Konkreme­nte können ab 2 mm Größe im Computertomogramm festgestellt werden, da schon eine geringe Kalziumkonzentration meßbare Dichteunterschiede ergibt, die computertomographisch quantifiziert werden können.

Bei kleinsten Konkrementen ist es jedoch notwendig, die Schichten unmittelbar aufeinander folgen zu lassen oder überlappende Schichten zu legen.

Während sich die kalkhaltigen Konkreme­nte in Form von fleckförmigen oder auch größeren Bezirken höherer Dichte darstellen, sind bei der Differenzierung reiner Cholesterinsteine gewisse Schwierigkeiten zu überwinden.

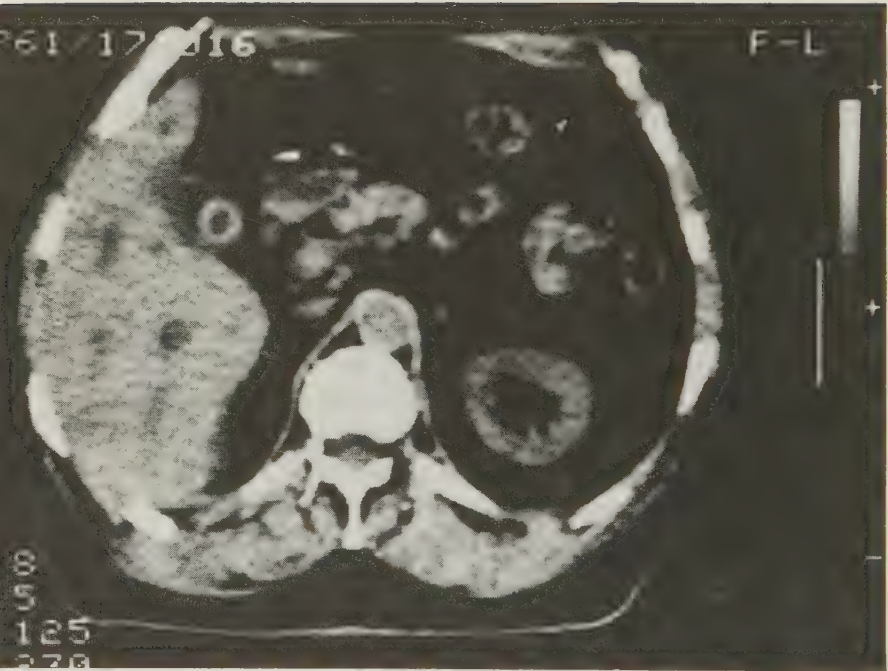
Die Dichtewerte dieser Konkreme­nte liegen dem Cholesteringehalt entsprechend zwischen -10 und +10 Hounsfield-Einheiten und unterscheiden sich damit wenig von den Dichtewerten der Galleflüssigkeit, die im Bereich 0 H bis 5 H angesiedelt ist.

Differentialdiagnostisch ist eingedickte Galle nur sehr schwer von Cholesterinsteinen zu unterscheiden. Dies ist besonders bei parenteraler Ernährung der Patienten zu berücksichtigen, da es hierbei schon nach 2 - 3 Tagen zu einer entsprechenden Gallenveränderung kommt.

Diese Cholesterinsteine zeigen sich als Aussparung in der Blasengalle. Eine sichere Darstellung von nicht schattengebenden Steinen gelingt nur nach Gabe von Kontrastsubstanzen.

Zur topographischen Analyse von Konkrementen ist es hilfreich, die Lage des Patienten zu ändern und nochmals die Untersuchung der gleichen Schicht vorzunehmen.

Mittels der Computertomographie lassen sich auch Zysticussteine von frei in der Gallenblase flottierenden Steinen abgrenzen.
(22, 36, 19, 34, 44)



4.3.3. Cholecystitis

Im Röntgen-Computertomogramm ist eine entzündlich veränderte Gallenblase an ihrer Wandverdickung zu erkennen. Die Meßmöglichkeiten der Computertomographie erlauben es, die normale Gallenblasenwand mit einer Schichtdicke von 1 bis 2 mm gegen eine ödematös entzündlich veränderte, deutlich verdickte Gallenblasenwand abzugrenzen, die bis zu 5 bis 6 mm Schichtdicke aufweist und durch Gabe von Kontrastmittel noch deutlicher dargestellt werden kann.

Die Gallenflüssigkeit ist mit Hilfe von Dichtemessungen gegen das umgebende entzündliche Ödem bei akuter Cholecystitis oder

gegen narbig-fibröse Veränderungen des Gallenblasenbettes abzugrenzen. (19)

Wie bei der akuten Entzündung sind Gallensteine auch die häufigste Ursache der chronischen Gallenblasenentzündung. Im Computertomogramm ist dann die meist geschrumpfte Gallenblase mit ebenfalls verdickter Wand gut darstellbar. (8)

Als weitergehende Folge der Cholecystitis kann eine Kalkinkrustation der Gallenblasenwand stattfinden und so zu einer Porzellangallenblase führen, die im CT-Bild ebenfalls zu erkennen ist. (19)

4.3.4. Tumore der Gallenwege

Ein großes diagnostisches Problem stellen die Carcinome der Gallenblase dar, weil mit den konventionellen Methoden meist keine Darstellung gelingt. Durch das hohe Dichteaufklärungsvermögen der Computertomographie können carcinomatöse Tumorgewebsstrukturen von Normalstrukturen differenziert werden.

Ein Tumor innerhalb der Gallenblasenwand wird sich auf Grund der unterschiedlichen Dichtewerte gegenüber Cholesterinkongrementen mit sehr niedrigem und gegenüber kalkhaltigen Kongrementen mit sehr hohen Dichtewerten abgrenzen lassen.

Nach einer Untersuchung von Yets lassen sich 4 Erscheinungsbilder des Gallenblasencarcinoms computertomographisch unterscheiden:

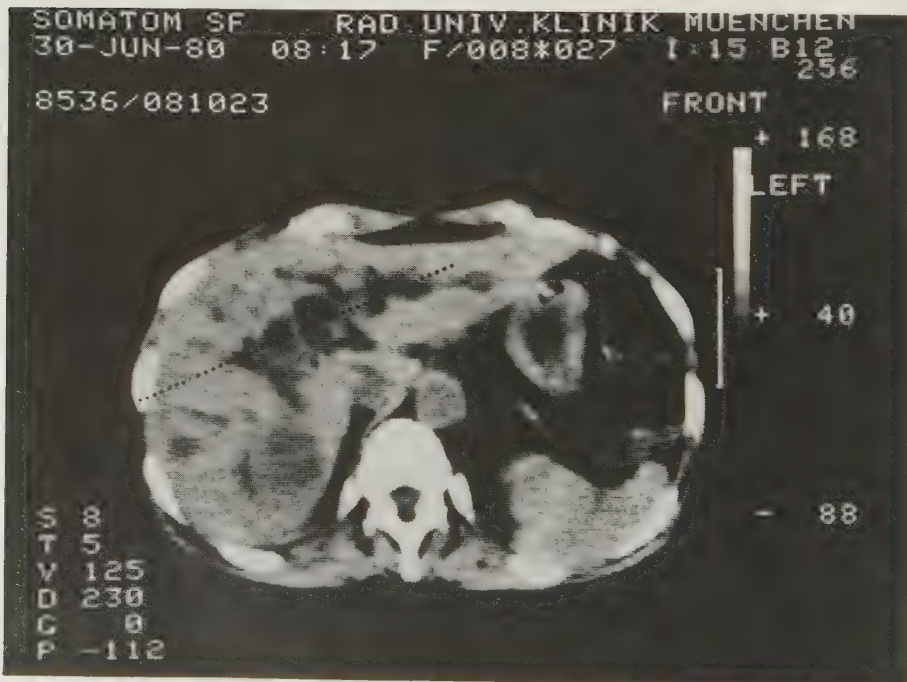
Die Gallenblasenwand kann entweder ganz von Tumorgewebe ausgefüllt sein und erscheint dann entweder als weitgehend homogene Zone, deren Dichte höher als die der normalen Galle und niedriger als die der Leber ist oder es kann auch ein kleiner zentraler hypodenser (Restgalle) oder hyperdenser (Stein) Bezirk daneben verbleiben. (68)

In anderen Fällen sieht man nur eine deutlich verdickte Gallenblasenwand, die einer diffusen Tumordinfiltration entspricht. Es kann aber auch ein Gallenblasentumor als polypoide Formation höherer Dichte in die sonst normal dichte Gallenblase hineinragen und manchmal zusätzlich eine umschriebene Verdichtung der Gallenblasenwand beobachtet werden. Oftmals ist es sehr schwie-

rig, eine Cholecystitis mit verdickter Gallenblasenwand von einem Carcinom der Gallenblase zu unterscheiden.

Yuji Itai von der Universität Tokio gibt eine Trefferquote der Computertomographie bei Gallenblasencarcinomen von 76% an. Er klassifiziert die Gallenblasentumore in verschiedenen Gruppen als massiv oder intraluminal oder als Wandverdickung. (24)

In der Literatur wird angegeben, daß 65 % bis 95 % aller Patienten mit Gallenblasentumoren zusätzlich auch Gallensteine tragen. Der Nachweis von Geschwülsten der Gallengänge gelingt nur durch sorgfältiges Absuchen aller Strukturen. Das Resultat der Bildanalyse wird mit Hilfe von Kontrastmittel in den Gallengängen etwas verbessert. Man findet dabei oft gestaute intrahepatische Gallengänge, die in der Region des weichteildichten Tumors führen und dort abbrechen. Die Dichtewerte liegen oftmals unter denen des umliegenden Parenchyms. Karzinome des distalen Ductus choledochus und der Papille sind im Computertomogramm nur bei ausreichender Größe zu erkennen.



4.3.5. Pathologische Veränderungen der Gallengänge

Die erweiterten intrahepatischen Gallenwege kann man teils als lineare sich aufzweigende Strukturen, teils als rundliche gut abgrenzbare Areale von erniedrigter Dichte identifizieren. Zur sicheren Differenzierung müssen sie mittels der Densitometrie von Gefäßstrukturen unterschieden werden; Gefäßstrukturen liegen bei ca. +40 in der Hounsfieldskala, intrahepatische Gallenwege bei +10 H bis +20 H.

Um durch sogenannte Partial-Volumen-Effekte keine falschen Werte zu erhalten, ist die Bolusinjektion von nierengängigen Kontrastmitteln hilfreich mittels der die Gefäßstrukturen an das Leberparenchym angeglichen und somit unsichtbar werden. (2)

Den dilatierten Ductus hepaticus communis und den dilatierten Ductus choledochus findet man als rundliches oder ovales hypodenses Areal anterolateral der Pfortader am Leberhilus. Auch hier erleichtert die i.v. Bolusinjektion die Unterscheidung von Gallengängen und Pfortader. Mittels der Computertomographie ist auch eine gute Unterscheidung zwischen obstruktiver und nichtobstruktiver Cholestase, sowie die Lokalisation des Hindernisses möglich. Der korrekte Nachweis von erweiterten intra- bzw. extrahepatischen Gallengängen bzw. einer obstruktiven Cholestase gelingt in 77 - 97 % aller Fälle. (15, 34)

Auch die Lokalisation ist bei 79 - 98 % der Patienten mit obstruktivem Ikterus möglich. (8, 34)

Bei Erweiterung der intrahepatischen Gallengänge und normaler Darstellung der extrahepatischen Gallengänge kann man davon ausgehen, daß sich das Hindernis im Bereich der Hepaticusgabeln bzw. des Ductus hepaticus communis befindet. Eine Erweiterung der extrahepatischen Gallengänge ob mit oder ohne erweiterten intrahepatischen Gallengängen weist auf ein distales Hindernis hin. (8)

In den Gallenwegen lokalisierte kalkhaltige Konkremente können auch bei geringem Durchmesser (etwa 2 mm) erfaßt werden. Eine sorgfältige Untersuchung und Bildanalyse ermöglicht auch die Diagnose von Steinverschlüssen des Ductus choledochus. Gewisse Schwierigkeiten entstehen bei reinen kleineren Cholesterinsteinen, die nicht sicher nachzuweisen sind. (22, 68)

5. Untersuchungsgeräte und Untersuchungstechnik

Für die sonographische Untersuchung unseres Patientengutes wurden sowohl Grey-Scale-Compound-Geräte (Echoview L 80 der F. Picker und Combison 100 der Fa. Kretz) als auch ein Real-Time - Gerät (LS 2000 Digital der Fa. Picker) verwendet.

Die computertomographische Diagnostik wurde mittels des Somatoms FS 2 der Fa. Siemens durchgeführt. Dieser Computertomograph stellt transversale Schichten des gesamten Körpers dar; Querschnittsbilder werden durch Schwächungswertmessung gewonnen.

Das diesem Gerät zu Grunde liegende Fächerstrahlprinzip, ein mit der Röntgenröhre mechanisch verbundenes Detektorsystem (520 Einzeldetektoren), dreht sich kontinuierlich um das Messobjekt, sowie schnellste Meßdatenverarbeitung erlauben kürzeste Scanzeiten bis zu 3 Sekunden pro Scan und helfen somit entscheidend Bewegungsartefakte zu beherrschen.

Für die echographische Untersuchung ist ein 12stündiges Fasten Vorbedingung. Die Untersuchung erfolgt in Rückenlage des Patienten. Die Gallenblase und auch die intrahepatischen Gallengänge können am besten vom Epigastrium aus in Längsschnitten und im subcostalen Schrägschnitt untersucht werden. Die Transversalschichten werden beginnend in Nabelhöhe in 1 - 1,5 cm Abständen gelegt.

Der dilatierte Ductus choledochus und die proximalen Gallenblasenabschnitte incl. des Ductus cysticus lassen sich sehr gut von der rechten Flanke aus untersuchen, weil so die oft störende Intestinalluft umgangen werden kann.

Zur Beurteilung der Gallenblasenfunktion kann analog zur Röntgenuntersuchung eine Reizmahlzeit gegeben werden.

Der oben beschriebene Ganzkörpercomputertomograph arbeitet nach dem Fächerstrahlprinzip mit Expositionszeiten von 5 Sekunden. Zur Beurteilung des galleableitenden Systems sind aufeinanderfolgende Schichten von 8 cm angezeigt. Es werden praktisch nur Transversalschnitte durchgeführt, Längsschnitte ge-

winnt man rechnerisch. Die Untersuchung erfolgt in Rückenlage und es ist darauf zu achten, daß Patientenbewegungen so weit als möglich unterbleiben.

Bei besonderer Fragestellung ist die Rechtsseitenlage und zur Steinanalyse und Tumordiagnose auch die Bauchlage hilfreich.

Die Mehrzahl der Untersuchungen wurden ohne Reizmahlzeit durchgeführt. (19, 28, 46, 56)

6. Patientengut und Methode

In der RADIOLOGISCHEN KLINIK der Universität München wurde in der Zeit von Januar 1978 bis Mai 1981 bei 263 Patienten sowohl eine sonographische wie eine computertomographische Untersuchung der galleableitenden Organe durchgeführt. Anhand des abschließenden Arztbriefes, des Ultraschallberichtes, des Computertomographieberichtes und soweit möglich auch des Operationsberichtes und eines histologischen Gutachtens wurden retrospektiv die sonographischen und computertomographischen Befunde verglichen.

Es wurden bei der retrospektiven Betrachtung alle sonographisch und computertomographisch übereinstimmenden Befunde soweit auch in der Abschlußdiagnose erwähnt, als richtige Diagnosen gewertet. Standen sich der sonographische und computertomographische Befund diskrepanz gegenüber und war keine Befundssicherung durch Operation bzw. Histologie gegeben, so wurde die intravenöse Cholecysto-Cholangiographie und auch die endoskopisch-retrograde Cholangio-Pancreatographie zur Befundssicherung herangezogen. Eine Befundssicherung mittels i.v. Galle und ERCP wurde nur dann angenommen, wenn bei den durchgeführten Untersuchungen ein sicherer Steinnachweis gelang und gleichzeitig sonographisch oder computertomographisch bestätigt wurde.

Fälle in denen der sonographisch und computertomographisch erhobene Befund nicht übereinstimmte wurden, sofern eine weitere Befundssicherung nicht möglich war, als diskrepanz gewertet und bei der Berechnung der Sensitivität bzw. der Treffsicherheit nicht berücksichtigt.

Bei insgesamt 86 Patienten ist die Abschlußdiagnose durch eine Operation bzw. durch ein histologisches Gutachten gesichert. In 133 Fällen wurde die Diagnose klinisch fundiert. In 29 Fällen standen sich Sonographie und Computertomographie ohne weitere Befundssicherung diskrepanz gegenüber. 15 Fälle konnten in der Statistik nicht berücksichtigt werden, da teilweise der sonographische bzw. computertomographische Befund unvollständig war oder der Zeitraum zwischen beiden Untersuchungen zu lang war. Insgesamt standen für die Statistik 248 Fälle zur Verfügung, die nach Abschlußdiagnosen in nachfolgender Tabelle aufgelistet wurden.

Tabelle 3:

VERGLEICHENDE BETRACHTUNG DER COMPUTERTOMOGRAPHIE UND SONOGRAPHIE IN DER GALLENWEGSDIAGNOSTIK

Retrospektive Auswertung von 263 Fällen

ENDDIAGNOSE	GESAMTZAHL	OP.-GESICHERT	KLIN.-GESICHERT	DISKREPANT	NICHT VERWERTBAR
GALLENBLASENSTEIN	109	32	48	22	7
GALLENBLASENENTZÜNDUNG	20	17	2	1	-
TUMORE	10	9	-	1	-
PATHOLOGIE d. DUCTUS CHOLED.	27	16	6	1	4
PATHOLOGIE d. INTRAHEP. GG	20	6	6	4	4
NORMALKOLLEKTIV	77	6	71	-	-
GESAMT	263	86	133	29	15

7. Ergebnisse der computertomographischen und sonographischen Diagnostik und Fallbesprechungen

7.1. Normalkollektiv

7.1.1. Ergebnisse

Insgesamt wurde bei 77 Patienten eine sonographische und computertomographische Untersuchung des galleableitenden Systems durchgeführt ohne daß in der Abschlußdiagnose ein pathologischer Befund der Gallenwege erhoben wurde.

In 71 Fällen konnte eine Erkrankung der Gallenwege klinisch ausgeschlossen werden. In 6 Fällen wurde durch einen operativen Eingriff ein normales galleableitendes System gesichert.

Tabelle 4: Befundsicherung bei unauffälligem Gallensystem

Gesamt	OP - gesichert	Klin. - gesichert
77	6	71

Bei 70 Patienten wurde die sonographische und computertomographische Untersuchung der Gallenblase und Gallengänge durchgeführt um unklare Oberbauchbeschwerden abzuklären. In 7 Fällen lag gleichzeitig ein Ikterus vor.

In 6 Fällen wurden die Untersuchungen wegen eines Tumorverdachtes durchgeführt.

Konkordante sonographische und computertomographische Befunde bezüglich eines unauffälligen galleableitenden Systems wurden in 57 Fällen erhoben.

Bei 2 Patienten war weder die sonographische, noch die computertomographische Beurteilung der Gallenorgane möglich. In einem Fall lag ein ausgeprägter Ascites vor, im zweiten Fall konnte auf Grund zahlreicher Leberzysten die Gallenblase nicht abgegrenzt werden.

In weiteren 5 Fällen war allein die sonographische Beurteilung eingeschränkt. Davon war 4 mal ein ausgeprägter Meteorismus die Ursache und einmal kam ein Patient nicht nüchtern zur Untersuchung. Eine Zweituntersuchung wurde in keinem Fall durchgeführt.

In 4 Fällen konnte die computertomographische Untersuchung nicht verwertet werden, wobei 2 Patienten vorher einen Kontrasteinlauf erhielten und Bariumreste die Untersuchung behinderten. In den 2 anderen Fällen lag Meteorismus vor.

Insgesamt wurde bei 26 Patienten mit normalem Gallenwegsbefund eine intravenöse Cholecysto-Cholangiographie durchgeführt; in jedem Fall kontrastierte sich ein unauffälliges Gallenwegssystem. Ebenso erbrachten drei durchgeführte ERCPs keine pathologischen Befunde.

Als klinisches Substrat der Oberbauchbeschwerden fand man bei 23 Patienten eine Erkrankung des Pankreas, bei 11 Patienten chronische Leberveränderungen, 4 mal war eine infektiöse Hepatitis die Ursache, in 9 Fällen wurde ein Tumor im Bauchraum diagnostiziert, 3 mal verursachten Nierensteine die Beschwerden und bei 5 Patienten hatte das Beschwerdebild psychische Hintergründe. In 8 Fällen fand man keine Ursache für die angegebenen Beschwerden.

Insgesamt wurde in 6 Fällen computertomographisch ein falsch-positiver Befund erhoben. Dabei wurde fälschlicherweise 5 mal die Verdachtsdiagnose Gallenblasenstein gestellt und einmal Gallenblasengrieß diagnostiziert.

Bei 5 dieser Patienten wurde eine i.v. Galle durchgeführt, die jedesmal eine gut dargestellte Gallenblase zeigte und kein Hinweis für ein Steinleiden ergab.

Die Sonographie beschrieb 3 mal falsch-positive Untersuchungsbefunde. In 2 Fällen wurden Gallenblasensteine und einmal Gallenblasengrieß festgehalten.

In allen 3 Fällen war die durchgeführte i.v. Galle ohne pathologischen Befund.

Tabelle 5:

NORMALKOLLEKTIV

- I Sono und CT konkordant Gallenwege OB
 II Sono und CT oder auch beide Untersuchungen mit falsch-positiven Befunden
 III Sono oder CT oder auch beide Untersuchungen nicht zu beurteilen Befund OB

77 untersuchte Fälle

	COMPUTERTOMOGRAPHIE				SONOGRAPHIE				BEFUNDSICHERUNG	
		diskr.	R-	unbef.	F+	diskr.	R-	unbef.	F+	OP Klinik
I 57 Fälle		-	57	-	-	-	57	-	-	6 51
II 9 Fälle		-	3	-	6	-	6	-	3	9
III 11 Fälle		-	5	6	-	-	4	7	-	- 11
77		-	65	6	6	-	67	7	3	6 71

Tabelle 6: Ergebnisse der Sonographie und der Computertomographie beim Normalkollektiv

	US	CT
richtige Diagnosen	67	65
falsche Befunde	3	6
unbefundbare Fälle	7	6
gesamt	77	77

Aus den obenstehenden Zahlen errechnen sich für Ultraschall und Computertomographie folgende Spezifitäten:

Tabelle 7: Spezifität der sonographischen und computertomographischen Untersuchung der galleableitenden Organe (Spezifität = $R^- / R^- + F^+$)

	US	CT
unbefundbare Fälle nicht berücksichtigt	95,71 %	91,54 %
unbefundbare Fälle wurden als falsche Diagnose gewertet	87,01 %	84,41 %

7.1.2. Fallbeschreibung

Es werden einzelne Fälle in denen computertomographisch oder sonographisch ein falscher Befund erhoben wurde gesondert dargestellt.

Patient A.M. 76 Jahre:

Der Patient kam mit starken Schmerzen im Bereich des rechten Nierenlagers in die Klinik. Bei der sonographischen Untersuchung zeigte sich eine 4,8 cm große Gallenblase in der Solitärreflexe festzustellen waren; Schattenlöschung fehlte. Die sonographische Diagnose lautete Verdacht auf Cholecystolithiasis.

Computertomographisch fand man eine unauffällige Gallenblasenregion, aber es wurden 2 Nierensteine diagnostiziert.

Die durchgeführte Cholecysto-Cholangiographie widerlegte ebenfalls den sonographischen Befund.

Klinisch wurde die Abschlußdiagnose Nephrolithiasis bestätigt.

Patient H.H. 71 Jahre:

Bei der sonographischen Untersuchung des Patienten wurde auf Grund einer sich gezähnelte darstellenden dorsalen Gallenblasenbegrenzung der Verdacht auf Gallenblasengries ausgesprochen.

Doch sowohl computertomographisch wie auch in der intravenösen Gallenblasenuntersuchung stellte sich die Gallenblase unauffällig dar.

Klinisch auffällig war die fehlende Kontraktion der Gallenblase auf Reiz. Auf Grund des klinischen Verlaufs und laborchemischer Parameter lautete die Abschlußdiagnose Cholecystitis; eine Steinerkrankung wurde ausgeschlossen.

Patient Sch.S. 81 Jahre:

Seit ca. einem viertel Jahr klagt der Patient über starken Juckreiz und allgemeines Krankheitsbefinden. Computertomographisch wurde auf Grund einer hyperdensen Verdichtungszone, die

sich auf den Gallenblasenhals projiziert, der Verdacht auf Gallenblasenstein im Gallenblasenhals ausgesprochen.

Sonographisch fand sich eine unauffällige binnenechofreie Gallenblase. Die intravenöse Cholangio-Cholecystographie war ohne besonderen Befund. Die Beschwerden des Patienten konnten laborchemisch - erhöhte Seruntiter auf *Trichinella spiralis* und *Echinokokkus* - als Symptome einer Parasitose nachgewiesen werden.

Retrospektiv betrachtet sind die computertomographisch beschriebenen hyperdensen Zonen durch eine vorher stattgefundenen oralen Gastrographie zu erklären.

Patientin E.W. 55 Jahre:

Wegen seit längerer Zeit bestehenden Oberbauchbeschwerden und erhöhten Bilirubinwerten (bis 8,2) wurde eine sonographische Untersuchung durchgeführt. Die Gallenblase war dabei unauffällig und binnenechofrei.

Eine intravenöse Cholecysto-Cholangiographie bestätigte eine regelrechte Gallenblase.

Computertomographisch wurde die Verdachtsdiagnose Gallenblasensteine gestellt.

Die Abschlußdiagnose lautete auf unbekannter Primärtumor bei zahlreichen Lebermetastasen.

Der computertomographisch fälschlicherweise erhobene Gallenblasensteinbefund beruht höchstwahrscheinlich auf einer Verwechslung der zahlreichen Lebermetastasen.

Patient K.Sch. 73 Jahre:

Die Einweisung des Patienten in die Klinik erfolgte wegen häufigen immer wiederkehrenden Diarrhöen und Obstipationen.

Sonographisch stellte sich eine 3 cm große unauffällige Gallenblase dar. Ebenso erbrachte die intravenöse Gallenwegsuntersuchung keinen Hinweis auf pathologische Veränderungen.

Lediglich im computertomographischen Schnittbild wurde eine hyperdense Zone im Bereich der Gallenblase festgestellt; die daraufhin ausgesprochene Diagnose Gallenblasenstein wurde

aber durch andere Untersuchungen widerlegt.

Ursache des falschen computertomographischen Befundes könnten Verwachsungen im Bauchraum sein.

Patient Fr.Sch. 68 Jahre:

Der Patient leidet unter einer terminalen Niereninsuffizienz nach postpyelonephritischen Schrumpfnieren beidseits.

Bei der sonographischen Tumorsuche wegen verdächtiger Lungenverschattungen wurde eine große Gallenblase mit scharfer Kontur befundet; die Gallenwege waren binnenechofrei.

Der computertomographische Befund lautete bei relativ großer Gallenblase Verdacht auf Gallenblasenstein.

Der computertomographische Befund konnte aber durch keine weitere Untersuchung bestätigt werden, auch die durchgeführte intravenöse Cholecysto-Cholangiographie erhob einen Normalbefund.

Patient R.Z. 48 Jahre:

Der Patient kam wegen einer derben Schwellung am Hals in die Klinik, wo eine Sturzsenkung auffiel.

Die Computertomographie und die Ultraschalluntersuchung wurde wegen Malignomverdacht durchgeführt.

Der sonographische Befund war unauffällig; die Gallenblase war 6 cm groß und ohne Hinweise auf Steinerkrankung.

Computertomographisch wurde ein röntgennegativer Gallenblasenstein diagnostiziert.

Dieser Befund konnte aber weder bei der intravenösen Choleysto-Cholangiographie, noch laborchemisch nachvollzogen werden.

Ursachen der klinischen Beschwerden war eine Thyreoiditis.

7.2. Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse und Fallbeschreibungen bei Cholecystolithiasis

7.2.1. Ergebnisse

Insgesamt wurden bei 109 Patienten mit der Diagnose Cholecystolithiasis sonographische und computertomographische Untersuchungen durchgeführt.

7 Fälle konnten für die Statistik nicht verwendet werden, da zum Teil die Untersuchungsberichte zu knapp oder nicht eindeutig formuliert waren oder zuviel Zeit zwischen sonographischer und computertomographischer Untersuchung verstrichen war.

Tabelle 8: Befundsicherung in Fällen mit Cholecystolithiasis

Gesamt	OP - gesichert	Klin.-gesichert	diskrepant
102	32	48	22

Insgesamt wurde bei 32 Patienten die Abschlußdiagnose Gallenblasenstein durch eine Operation bestätigt.

In 48 Fällen wurde die Diagnose klinisch gesichert.

Die Ergebnisse der sonographischen und computertomographischen Untersuchungen sind in nachfolgender Tabelle zusammengefaßt.

Tabelle 9: Fälle mit Cholecystolithiasis

A Befund

I CT und Sonographie übereinstimmend

109 untersuchte Fälle II CT mit pathologischem Befund, Sono nicht beurteilbar

7 unbrauchbare Fälle III CT und/oder Sono mit falsch-negativem Befund

22 diskrepante Fälle IV CT und Sono diskrepant

	Computertomographie				Sonographie			Befundsicherung	
	diskr.	R+	unbef.	F-	diskr.	R+	unbef.	F-	OP Klinik
I 59 Fälle	-	59	-	-	-	59	-	-	21 38
II 7 Fälle	-	7	-	-	-	-	7	-	4 3
III 14 Fälle	-	7	-	7	-	5	-	9	7 7
IV 22 Fälle	22	-	-	-	22	-	-	-	- -
102	22	73	-	7	22	64	7	9	32 48

In 59 Fällen (I) diagnostizierte sowohl die Computertomographie als auch der Ultraschall einen bzw. mehrere Gallenblasensteine. Damit stellten Sonographie und Computertomographie in 58 % der Fälle konkordante richtige Diagnosen.

Bei 21 dieser Fälle wurden die sonographischen und computertomographischen Gallensteinbefunde durch eine Operation bestätigt.

In 38 Fällen war nur eine klinische Befundsicherung möglich.

25 mal wurde eine intravenöse Cholecystographie durchgeführt, die in 11 Fällen die Diagnose Cholecystolithiasis stellte.

Bei 9 Patienten kam es nicht zur Kontrastierung der Gallenblase, ohne daß aber ein Steinnachweis durch die intravenöse Cholecystographie gelang. In 5 Fällen wurde bei gesicherter Cholecystolithiasis durch die intravenöse Cholecystographie eine unauffällige Gallenblase beschrieben und somit eine falsch-negative Diagnose gestellt.

Alle 3 durchgeführten ERCPs bestätigten den sonographischen und computertomographischen Steinbefund.

In 7 Fällen konnte bei gesicherter Abschlußdiagnose Gallenblasenstein und Steinnachweis im Computertomogramm die durchgeführte sonographische Untersuchung nicht beurteilt werden.

Bei 4 Patienten behinderte Meteorismus die sonographische Untersuchung, einmal waren Kontrastmittelreste vorhanden und ein Patient kam nicht nüchtern zur Untersuchung; in einem weiteren Fall beeinträchtigte ein Ascites die Beurteilung.

In 14 Fällen (III) erbrachte die Sonographie oder die Computertomographie oder auch beide Untersuchungen falsche Untersuchungsbefunde bezüglich der gesicherten Abschlußdiagnose Gallenblasenstein.

Dabei wurden in 12 Fällen diskordante Untersuchungsbefunde von CT und Sonographie erhoben.

Nur in 2 Fällen (2,5 %) sind sowohl die Computertomographie als auch die Sonographie als falsch bezüglich der Abschlußdiagnose zu werten, wobei in beiden Fällen die Enddiagnose durch eine Operation gesichert ist.

Bei 7 Patienten wurde durch den Ultraschall ein falscher Gal-

lenblasenbefund erhoben, wobei in allen Fällen die Computertomographie eine Cholecystolithiasis feststellte. Bei 4 der insgesamt sieben Patienten war eine Befundsicherung durch Cholecystektomie möglich, bei 2 Patienten mit typischen Oberbauchbeschwerden gelang mittels der intravenösen Kontrastmitteluntersuchung ein Steinnachweis und in einem Fall konnte bei deutlichem Ikterus ein Gallenblasenstein sowohl durch die i.v. Gallenle, als auch durch ERCP gesichert werden.

Im einzelnen teilten sich die sonographisch fälschlicherweise erhobene Untersuchungsbefunde wie folgt auf:

In 5 Fällen beurteilte die Sonographie den Zustand der Gallenblase als unauffällig; in einem Fall wurde ein falscher Tumordverdacht ausgesprochen und in einem Fall erkannte die sonographische Untersuchung einen Gallenblasenhydrops ohne aber Zeichen einer Steinerkrankung zu finden.

5 mal wurde durch die Computertomographie allein eine falsche Diagnose gestellt. Die Befundsicherung erfolgte einmal durch Cholecystektomie, zweimal wurde mittels der intravenösen Cholecystographie ein Gallenblasenstein sicher diagnostiziert. In einem Fall ist bei deutlichen Cholestasezeichen und stummer intravenöser Gallenblasendarstellung der sonographische Steinbefund klinisch gesichert.

Durch Nachuntersuchungen wurde eine computertomographisch falsch gestellte Diagnose endgültig abgeklärt.

Als falsche computertomographische Gallenblasenbefunde wurde zweimal ein alleiniger Gallenblasenhydrops ohne Steinnachweis beschrieben, in 2 Fällen wurde eine chronische Cholecystitis befundet, wobei ebenfalls ein Steinnachweis mißlang. Eine fälschlicherweise im computertomographischen Untersuchungsbefund als unauffällig bezeichnete Gallenblase stellte sich als Steingallenblase heraus.

In 22 Fällen (IV) stehen sich die Computertomographie und die Ultraschalluntersuchung diskrepant gegenüber ohne daß durch den klinischen Verlauf oder weitere Untersuchungsmethoden eine sichere Abschlußdiagnose erstellt werden konnte.

Alle diese Fälle wurden bei der Berechnung der Sensitivität

und der Treffsicherheit nicht berücksichtigt.

Die Computertomographie diagnostizierte in 18 Fällen einen Gallenblasenstein, in diesen Fällen wurde durch die Sonographie eine unauffällige Gallenblase beschrieben.

In 4 Fällen lautete der sonographische Untersuchungsbefund auf Cholecystolithiasis ohne daß in der computertomographischen Untersuchung dies bestätigt wurde.

Bei 2 Patienten wurde eine intravenöse Gallenblasenkontrastmitteluntersuchung durchgeführt; da sich dabei die Gallenblase nicht kontrastierte aber auch kein Steinnachweis gelang, wurden diese Untersuchungen nicht als beweisend angesehen und beide Fälle als diskrepant gewertet.

Tabelle 10: Ergebnisse der Computertomographie und der Sonographie in der Gallenblasensteindiagnostik

	CT	US
richtige Diagnosen	73	64
unbefundbare Fälle	-	7
diskrepante Fälle	22	22
falsche Diagnosen	7	9
	102	102

Aus den in der Tabelle festgehaltenen Untersuchungsergebnissen errechnet sich für den Ultraschall eine Sensitivität von 87,67 % für die Computertomographie eine Sensitivität von 91,25 % bei Nichtberücksichtigung der unbefundbaren Untersuchungen. Ist dies nicht der Fall und werden die unbefundbaren Untersuchungen als falsche Diagnosen gewertet, so erniedrigt sich die Sensitivität für die sonographische Untersuchung auf 80 %.

Tabelle 11: Sensitivität von Ultraschall und Computertomographie bei Cholecystolithiasis

Sensitivität	US (%)	CT (%)
unbefundete Fälle nicht berücksichtigt	87,67	91,25
unbefundbare Fälle als falsch gewertet	80	91,25
nur OP gesicherte Fälle ohne Berücksichtigung der unbefundbaren Fälle	78,57	90,62

Wird die Sensitivitätsberechnung nur für die operativ gesicherten 32 Fälle durchgeführt, so ergibt sich für die Sonographie eine Sensitivität von 78,57 % und für die Computertomographie eine solche von 90,62 %, falls die unbefundbaren Fälle unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 12: Ergebnisse der Computertomographie und Sonographie bei intraoperativ gesicherten Gallenblasensteinen

	US	CT
richtige Diagnosen	22	29
unbefundete Fälle	4	-
falsche Diagnosen	6	3

7.2.2. Fallbeschreibung

Patient J.B. 59 Jahre:

Der Patient kam mit Bilirubinwerten über 6,0 mg % in die Klinik; die alkalische Phosphatase war 583 U/ml. Bei der durchgeführten Sonographie wurden Binnenechos in den mittleren Anteilen der Gallenblase gefunden, die als Einbuchtungen gewertet wurden; Schallschatten konnten keine nachgewiesen werden. Die sonographische Verdachtsdiagnose lautete Tumorseptierung. Computertomographisch wurden die pathologischen Veränderungen innerhalb der Gallenblase eindeutig als 2 Gallenblasensteine diagnostiziert.

Eine durchgeführte Cholecysektomie bestätigte den computertomographischen Steinbefund und widerlegte die sonographische Verdachtsdiagnose.

Patient K.R. 63 Jahre:

Wegen heftigen Oberbauchbeschwerden kam der Patient in die Notaufnahme. Eine durchgeführte i.v. Galle brachte keine Darstellung der Gallenblase. Im Oberbauchsonogramm wurde eine sehr große Gallenblase festgestellt, ein Gallenkonkrement war nicht nachzuweisen. Die Diagnose lautete Gallenblasenhydrops. Computertomographisch wurde eindeutig ein Konkrement im Gallenblasenhals gefunden. Die durchgeführte Cholecystektomie bestätigte ein Gallenblasenhalskonkrement.

Patient H.K. 79 Jahre:

Der Patient bemerkte seit 6 Wochen eine Zunahme seines Bauchumfanges. Sonographisch wurde bei deutlichem Schallschatten der Verdacht auf Gallenblasenstein ausgesprochen und gleichzeitig ein Gallenblasenhydrops diagnostiziert.

Computertomographisch wurde ebenfalls eine stark vergrößerte Gallenblase gefunden; die Diagnose lautet Gallenblasenhydrops. Eine Steindiagnose gelang computertomographisch nicht.

I.v. Galle und klinischer Verlauf bestätigten die Abschlußdiagnose Cholecystolithiasis. Gleichzeitig lag eine Hepatomegalie vor.

Patientin E.O. 70 Jahre:

Bei der Patientin sind seit 6 Jahren Gallenblasensteine bekannt. Die Aufnahme erfolgte wegen Oberbauchbeschwerden. In der sonographischen Untersuchung wurde eine normal große Gallenblase mit scharfer Kontur festgestellt; gleichzeitig bestand bei dorsaler Schattenlöschung ein deutlicher Solitärreflex. Die durchgeführte intravenöse Gallenwegsdarstellung bestätigte ein röntgen-negatives Gallenblasenkonkrement.

Die computertomographische Untersuchung beschrieb eine etwas vergrößerte aber sonst unauffällige Gallenblase.

Ursache der computertomographisch übersehenen Cholecystolithiasis könnten gleichzeitig bestehende Leberinfiltrationen sein, welche in Richtung Tumor weisen.

Patientin L.S. 47 Jahre:

Bei der Patientin wurden wegen rezidivierenden Oberbauchbeschwerden eine Ultraschalluntersuchung durchgeführt. Dabei fand sich eine 5 x 2 cm große Gallenblase mit scharfer Kontur; auf Grund von Solitärreflexen wurde die Verdachtsdiagnose Gallenstein gestellt.

Bei der intravenösen Gallenblasendarstellung fand sich ein ca. 1,8 cm großer Gallenblasenstein.

Computertomographisch wurde bei sehr kleiner Gallenblase wegen einer Wandverdickung die Diagnose chronische Cholecystitis gestellt; ein Gallenblasenstein konnte nicht nachgewiesen werden. Bei der durchgeführten Cholecystektomie wurde die sonographische Steindiagnose bestätigt.

Patientin J.M. 81 Jahre:

Bei der Patientin wurde wegen starkem Gewichtsverlust und Sturzsenkung eine sonographische Tumorsuche eingeleitet. Dabei fanden sich Gallenblasensteine und ein Zysticuskonkrement. Deutliche Steinechos und Schallschatten waren vorhanden.

Computertomographisch wurde fälschlicherweise hyperdense Areale als Gallenblasenwandverkalkungen befundet; Konkreme-
mente wur-

den ausgeschlossen.

Bei der i.v. Galle wurde ein Zysticusverschluß durch ein röntgenpositives Konkrement nachgewiesen und ebenfalls die Gallenblasensteine bestätigt.

7.3. Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse und Fallbeschreibungen bei Cholecystitis

7.3.1. Ergebnisse

Bei 20 Patienten mit der gesicherten Abschlußdiagnose chronische Gallenblasenentzündung wurde eine sonographische und computertomographische Gallenblasenuntersuchung durchgeführt. Der Befund chronische Gallenblasenentzündung wurde 17 mal durch eine Operation bzw. durch ein histologisches Gutachten gesichert. Bei 2 Patienten wurde die Abschlußdiagnose durch klinische Untersuchungen fundiert, wobei in einem Fall sowohl die Computertomographie als auch die Sonographie und die i.v. Galle eine chronische Gallenblasenaffektion befundeten. Ein Fall wurde als diskrepant gewertet.

Tabelle 13: Befundsicherung bei Gallenblasenentzündungen

gesamt	OP-gesichert	Klin.-gesichert	diskr.
20	17	2	1

Bei insgesamt 15 Patienten wird neben der Gallenblasenentzündung auch gleichzeitig eine Cholecystolithiasis gesichert. Dies entspricht 75 % der Fälle.

Eine chronische Gallenblasenentzündung konnte sonographisch nur in 4 Fällen richtig diagnostiziert werden.

In einem Fall konnte wegen Kontrastmittelresten die Sonographie nicht bewertet werden.

In 14 Fällen ergab das Echobildverfahren einen falschen Befund

bezüglich der Abschlußdiagnose Gallenblasenentzündung. Dabei wurde 4 mal die Gallenblase als unauffällig beschrieben und bei einem Patienten wurde ein Gallenblasenhydrops befundet.

In 7 Fällen wurde zwar ein vorhandener Gallenblasenstein sonographisch richtig diagnostiziert, die entzündlichen Veränderungen der Gallenblasenwand konnten aber nicht diagnostiziert werden.

Bei einem Patienten wurde sonographisch fälschlicherweise Gallenblasengries diagnostiziert. Bei dem als diskrepant gewerteten Fall befundete der Ultraschall eine unauffällige Gallenblase, das computertomographische Bildverfahren aber eine chronische Gallenblasenentzündung. Eine Sicherung der Abschlußdiagnose gelang nicht.

Die Computertomographie stimmte ebenfalls nur in 4 Fällen mit der gesicherten Abschlußdiagnose überein.

In 15 Fällen wurde ein falscher computertomographischer Befund erhoben. Im einzelnen wurde 4 mal die Gallenblase als unauffällig beschrieben. In 10 Fällen wurde computertomographisch Gallensteine gesehen; die gleichzeitige chronische Entzündung der Gallenblase wurde im Tomogramm aber nicht gesehen. Bei einem Patienten wurde eine chronische Cholecystitis computertomographisch als Gallenblasenhydrops befundet.

In nachfolgender Tabelle sind die Untersuchungsergebnisse zusammengefaßt.

Tabelle 14: Ergebnisse von Ultraschall und Computertomographie bei gesicherter Gallenblasenentzündung

	CT	US
richtige Diagnose	4	4
unbefundete Fälle	-	1
diskrepante Fälle	1	1
falsche Diagnose	15	14

Aus den Ergebnissen der sonographischen und computertomographischen Untersuchungen errechnet sich eine Sensitivität für die Computertomographie von 21,05 %, für den Ultraschall von 22,22 %, sofern die unbefundbaren Fälle unberücksichtigt bleiben.

Werden aber diese unbefundbaren Fälle als falsch gewertet, so erniedrigt sich die Sensitivität für die Ultraschalluntersuchung auf 21,05 %.

Tabelle 15: Sensitivität von Ultraschall und Computertomographie bei gesicherten chronischen Gallenblasenentzündungen

Sensitivität	US	CT
unbefundbare Fälle wurden nicht berücksichtigt	22,22 %	21,05 %
unbefundbare Fälle wurden als falsch gewertet	21,05 %	21,05 %

In 12 Fällen wurde von der Computertomographie und der Ultraschalluntersuchung konkordant ein falscher Befund bezüglich einer chronischen Entzündung der Gallenblase erhoben. In 9 Fällen wurde aber sowohl computertomographisch als auch sonographisch die gleichzeitig vorhandene Cholecystolithiasis richtig diagnostiziert.

In nur 2 Fällen erhoben Ultraschall und Computertomographie konkordant den richtigen Befund 'chronische Gallenblasenentzündung.' Von insgesamt 14 durchgeführten intravenösen Cholezysto-Cholangiographien verliefen 9 ohne Kontrastierung der Gallenblase und blieben stumm; in einem Fall wurde mittels dieser Untersuchungstechnik die richtige Diagnose 'chronische Gallenblasenentzündung' gestellt. Bei 4 Patienten wurde die Gallenblase durch die intravenöse Gallenwegsuntersuchung als unauffällig bezeichnet und damit ein falscher Befund erhoben.

7.3.2. Fallbeschreibung

Patientin K.R. 31 Jahre:

Bei der Patientin sind seit 1972 wiederholt Koliken aufgetreten. Jetzt erfolgte eine Klinikeinweisung wegen Schüttelfrost und Lymphknotenschwellung.

Als Abschlußdiagnose wurde ein hochfieberiger Infekt bei einer chronisch entzündeten Gallenblase und gleichzeitiger Cholecystolithiasis gefunden. Dieser Befund wurde mittels einer diagnostischen Laparatomie gesichert. Sonographisch wurden Konkrementen in einer sonst unauffälligen Gallenblase befundet. Die Kontur der Gallenblase wurde als scharf und nicht verdickt beschrieben.

Auch die Computertomographie befundete eine Cholecystolithiasis ohne weitere entzündliche Veränderungen der Gallenblase festzuhalten.

Patientin St.G. 70 Jahre:

Intraoperativ fand man bei der Patientin eine große Gallenblase, die chronisch entzündlich verändert war und gleichzeitig einen großen Gallenblasenstein beinhaltete.

Die Sonographie, wegen des klinischen Verdachtes auf Cholelithiasis durchgeführt, bestätigte eine Steingallenblase. Anzeichen einer chronisch veränderten Gallenblasenwand wurden sonographisch nicht gefunden. Computertomographisch wurden ebenfalls kleinste Konkrementen in der Gallenblase diagnostiziert; Wandveränderungen der Gallenblase fielen nicht auf.

7.4. Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse und Fallbeschreibung bei Tumorerkrankung des galleableitenden Systems

7.4.1. Ergebnisse

Es wurden insgesamt 10 Patienten mit einem gesicherten Tumor des galleableitenden Systems sowohl computertomographisch als auch sonographisch untersucht.

In 9 Fällen wurde der Befund durch eine Operation bzw. durch ein histologisches Gutachten gesichert.

In einem Fall wurde klinisch ein hochgradiger Malignomverdacht der Gallenblase ausgesprochen und auch computertomographisch bestätigt. Da aber mittels der Sonographie eine unauffällige Gallenblase beschrieben wurde und durch weitere klinische Untersuchungen keine eindeutige Abklärung gelang, mußte dieser Fall bei der Berechnung der Sensitivität ausgeklammert werden; er wurde als diskrepant gewertet.

Tabelle 16: Befundsicherung in Fällen mit Tumorerkrankung des galleableitenden Systems

Gesamt	OP-gesichert	Klin.-gesichert	diskr.
10	9	-	1

Die Ultraschalluntersuchung stimmte nur in 3 Fällen mit der gesicherten Abschlußdiagnose überein. In 6 Fällen wurde sonographisch ein falscher Befund bezüglich einer Tumorerkrankung erhoben.

Dabei wurde 3 mal eine gleichzeitig neben der Tumorerkrankung vorliegende Cholelithiasis sonographisch erkannt, der Tumor selbst aber übersehen. In einem Fall wurde fälschlicherweise bei operativ gesichertem Gallenblasencarcinom die Ultraschalldiagnose Cholelithiasis gestellt. Bei einem weiteren Patient wurden im Echobild Gallenblasenpolypen als Substrat der Gallenblasenveränderungen befundet und einmal wurde sonographisch eine tumorös veränderte Gallenblase als unauffällig beschrieben.

Bei dem als diskrepant eingestuften Fall lautete die sonographische Diagnose 'Cholecystolithiasis'.

Die Computertomographie diagnostizierte in 5 Fällen einen Tumor des galleableitenden Systems und stimmte darin mit der Abschlußdiagnose überein.

In 4 Fällen wurde durch das computertomographische Schnittbild falsche Befunde erhoben. So wurde einmal ein operativ gesichertes Choledochuscarcinom computertomographisch als Choledochuskonkrement diagnostiziert; bei einem anderen Patienten wurde zwar eine ebenfalls vorliegende Choledocholithiasis richtig erkannt, aber das Carcinom der Gallenblase übersehen. In einem Fall waren nur stark erweiterte intrahepatische Gallenwege computertomographisch auffällig, ohne daß im Schichtbild die Diagnose Hepaticusgabelcarcinom erfolgte. Weiter lautete einmal die computertomographische Diagnose 'Leberzellcarcinom'; durch die durchgeführte Operation wurde aber ein Gallenblasencarcinom gefunden.

In insgesamt 2 Fällen erbrachte Ultraschall und Computertomographie ein konkordantes Untersuchungsergebnis, welches mit der Abschlußdiagnose übereinstimmte. Ebenfalls zweimal wurde sowohl von Sonographie wie Computertomographie gleichlautende falsche Untersuchungsbefunde angegeben, wobei in einem Fall von beiden Untersuchungsmethoden erweiterte intrahepatische Gallengänge - nicht aber die Ursache, das Hepaticusgabelcarcinom - diagnostiziert wurde.

Im Folgenden sind die Untersuchungsergebnisse des US und der CT zusammengefaßt.

Tabelle 17: Ergebnisse der Sonographie und der Computertomographie bei Tumoren der Gallenwege

	US	CT
richtige Diagnose	3	5
unbefundbare Fälle	-	-
diskrepante Fälle	1	1
falsche Diagnose	6	4
	10	10

Es wurden im einzelnen 8 Gallenblasentumore und 2 Gallengangstumore histologisch begutachtet.

Für den Ultraschall ergibt sich eine Sensitivität von 33,33 % für die Computertomographie von 55,55 %.

Tabelle 18: Sensitivität von US und CT bei Tumoren der Gallenwege

	US	CT
Sensitivität	33,33 %	55,55 %

7.4.2. Fallbeschreibung

Patientin T.M. 43 Jahre:

Der histologische Befund sicherte bei der Patientin ein Adenocarcinom des Ductus choledochus, sowie eine chronisch entzündete Gallenblase. Die Gallenwege waren steinfrei.

Die Aufnahme in die Klinik erfolgte wegen zunehmendem Ikterus. Bei der sonographischen Gallenwegsuntersuchung wurden keine erweiterten Gallengänge festgestellt; es wurde lediglich der Verdacht auf Gallenblasenpolypen ausgesprochen - ansonsten die Gallenwege als o.B. beschrieben.

Die anschließende Computertomographie diagnostizierte gestaute intrahepatische Gallengänge und einen durch ein Choledochuskonkrement verursachten mechanischen Ikterus. Weiterhin wurde eine Cholecystolithiasis gefunden.

Offenbar wurden computertomographisch die tumorösen Veränderungen an den Gallenwegen fälschlicherweise als Substrate einer Gallensteinerkrankung gedeutet.

Patientin J.R. 73 Jahre:

Die Patientin leidet seit ca. einem Jahr unter starken Druckschmerzen im rechten Oberbauch. Sie kam zur Abklärung eines Ma-

lignomverdacht in die Klinik.

Die sonographische Oberbauchuntersuchung beschrieb eine Steingallenblase auf Grund von Solitärreflexen mit dorsaler Schattenlöschung.

Computertomographisch wurde die Grenze der Gallenblase als unscharf beschrieben und der Verdacht auf ein Gallenblasencarcinom erhoben. Eine Steingallenblase wurde nicht bestätigt.

Die intravenöse Kontrastmitteluntersuchung zeigte ein unauffälliges Cholangiogramm, eine Darstellung der Gallenblase gelang nicht. Bei der durchgeführten Operation fand man ein enddifferenziertes Gallenblasen Ca, das bereits die Leber infiltriert hatte.

Die Veränderungen im Sonogramm wurden durch den Untersucher als Zeichen einer Cholecystolithiasis fehlgedeutet.

Patient R.L. 66 Jahre:

Der Patient kam wegen eines hochgradigen Ikterus in die Klinik. Die sonographische Untersuchung diagnostizierte auf Grund gestauter Gallengänge einen extrahepatischen Stauungsikterus. Weiterhin wurde sonographisch ein Gallenblasenstein gefunden. Die computertomographische Untersuchung bestätigte die erweiterten intrahepatischen Gallengänge und den extrahepatischen Ikterus. Als Ursache des Ikterus wurde computertomographisch ein nicht darstellbarer Prozess an der Hapaticusgabel vermutet. Desweiteren wurde der Verdacht einer Cholecystolithiasis erhoben.

Die durchgeführte Laparotomie sicherte eine fibrotisierte steintragende Gallenblase sowie einen stenosierenden Choledochustumor. Bei der histologischen Untersuchung stellte sich ein mittelgradig differenziertes adenopapilläres Carcinom der Gallenblase mit Infiltration des Ductus Cysticus und des Ductus Choledochus heraus.

Beide Untersuchungen diagnostizierten den extrahepatischen Stauungsikterus, waren aber beide nicht in der Lage, die Ursache zu beschreiben.

Patient K.Sch. 72 Jahre:

Die aktuelle Aufnahme erfolgte wegen eines zunehmenden Ikterus. Gewichtsverlust, Inappetenz sowie uncharakteristische Oberbauchbeschwerden haben an ein Malignom im oberen Gastrointestinaltrakt denken lassen.

Sonographisch wurden erweiterte extrahepatische Gallengänge befundet und der Verdacht einer Gallengangsstenose erhoben. Desweiteren wurde auf Grund von Solitärreflexen mit dorsaler Schattenlöschung eine Steingallenblase diagnostiziert. Leberunregelmäßigkeiten waren Ursache für den sonographischen Verdacht auf Lebermetastasen.

Computertomographisch fand sich eine verdickte und unregelmäßig konturierte Gallenblasenwand sowie erweiterte intrahepatische Gallengänge. Der Befund wurde als Substrat eines neoplastischen Prozesses im Bereich der Gallenblase mit Lebermetastasierung von der Computertomographie gewertet. Gallenblasensteine wurden im CT bestätigt.

Bei der klinischen Sektion fand man ein ausgeprägtes Gallenblasenwand Ca mit infiltrierendem Wachstum in die Leber und Leberpforte und Stenosierung der großen Gallengänge.

7.5. Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse und Fallbeschreibungen bei pathologischen Veränderungen der extrahepatischen Gallengänge

7.5.1. Ergebnisse

Es wurden 23 Patienten mit pathologischen Veränderungen an den extrahepatischen Gallengängen einer sonographischen und einer computertomographischen Untersuchung zugeführt.

In 11 Fällen wurde in der Abschlußdiagnose eine Erweiterung des Ductus choledochus befundet.

Bei 12 Patienten lautete die Abschlußdiagnose Choledocholithiasis. Es konnte in 8 Fällen mit einer Erweiterung des Ductus choledochus dieser Abschlußbefund durch eine Operation gesichert werden; die übrigen 3 Fälle wurden klinisch mittels ERCP manifestiert.

Bei 8 Patienten mit Choledochusstein wurde die Choledocholithiasis operativ angegangen, nur in 3 Fällen erfolgte die Befundsicherung klinisch mittels ERCP. Ein Fall wurde als diskrepant eingestuft, da Computertomographie und Sonographie konträre Befunde erhoben und keine weitere Befundsicherung möglich war.

Bezüglich einer Erweiterung des Ductus choledochus wurde durch die Sonographie 7 mal eine richtige Diagnose gestellt (davon 5 OP - gesichert) und durch die Computertomographie 9 mal (davon 7 OP - gesichert).

Es ergaben sich in 6 Fällen für CT und Ultraschall konkordante Befunde. In 3 Fällen wurde sonographisch eine falsche Diagnose gestellt und der Ductus choledochus als unauffällig beschrieben; in jedem Fall war jedoch im Computertomogramm eine Erweiterung des Choledochus deutlich erkennbar und wurde auch in 2 Fällen intraoperativ bestätigt; in einem Fall stimmte der ERCP Befund mit der computertomographischen Diagnose überein.

Ein intraoperativ nachgewiesener deutlich erweiterter Ductus choledochus wurde sowohl computertomographisch als auch sonographisch als oB befundet.

Nur in einem Fall wurde mittels der Computertomographie allein eine Choledochuserweiterung übersehen; der Ultraschall befunde den Choledochus als deutlich erweitert, was operativ fundiert wurde.

Tabelle 19: Ergebnisse der Computertomographie und Sonographie bei Choledochuserweiterung

	US	CT
richtige Diagnose	7	9
unbefundbar	-	-
falsche Diagnose	4	2
diskrepant	-	-
	11	11

Aus umseitiger Tabelle folgt eine Sensitivität des Ultraschalls für Choledochuserweiterung von 63,33 % und der Computertomographie von 81,81 %.

Tabelle 20: Sensitivität von US und CT bei erweitertem Ductus choledochus

	US	CT
Sensitivität	63,33 %	81,81 %

Bei 12 Patienten mit veränderten extrahepatischen Gallengängen lautete die Abschlußdiagnose 'Choledocholithiasis'; davon unterzogen sich 8 Patienten einer Operation in deren Verlauf der Steinbefund bestätigt wurde.

In 2 Fällen wurde durch eine ERCP und in einem Fall mittels einer intravenösen Kontrastmitteldarstellung ein Choledochusstein gesichert. Mit Hilfe des Echobildverfahrens konnte nur in 3 Fällen eine bestehende Choledocholithiasis diagnostiziert werden. In diesen Fällen stimmte der sonographische Befund mit der Computertomographie überein.

Dreimal war das Echobild unbefundbar; die Ursache dafür war zweimal Meteorismus und einmal stellten sich die Gallenwege sonographisch nicht dar.

Der Ultraschallbefund stimmte insgesamt in 5 Fällen nicht mit der Abschlußdiagnose 'Choledochusstein' überein.

Es wurden in 2 Fällen von Ultraschall und Computertomographie kardant falsche Befunde erhoben.

Im einzelnen wurden sonographisch folgende falsche Diagnosen gestellt: in 4 Fällen wurde ein sicher steintragender Ductus choledochus als unauffällig befundet und in einem Fall wurde lediglich eine Erweiterung des Ductus Choledochus nicht aber die Ursache der Stauung, ein Choledochuskonkrement sonographisch erkannt.

Computertomographisch wurden 6 mal die Verhältnisse der extra-

hepatischen Gallengänge richtig beschrieben, davon wurde 4 mal diese Diagnose operativ gesichert.

Zweimal konnte mittels der Computertomographie keine Befundung des galleableitenden Systems erfolgen, da Artefakte vorlagen. In 3 Fällen übersah die computertomographische Untersuchung einen operativ gesicherten Choledochusstein. Einmal standen sich der sonographische Befund 'extrahepatische Gallengänge o.B.' und die computomographische Diagnose 'Choledocholithiasis' gleichwertig gegenüber, ohne daß eine Befundsicherung erfolgte. Dieser Fall wurde als diskrepant eingestuft.

In Tabelle 21 sind die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefaßt.

Tabelle 21: Ergebnisse des US und der CT bei Choledocholithiasis

	US	CT
richtige Diagnose	3	6
unbefundete Fälle	3	2
diskrepante Fälle	1	1
falsche Diagnose	5	3
Gesamt	12	12

Aus den Werten der obigen Tabelle errechnet sich eine Sensitivität bezüglich Choledocholithiasis für den Ultraschall von 37,50 % für die Computertomographie von 66,66 %; unbefundete Fälle wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 22: Sensitivität bei Choledocholithiasis für US und CT

	US	CT
Sensitivität (%)	37,50 %	66,66 %

Errechnet man die Sensitivität jeder Untersuchungsmethode für alle an den extrahepatischen Gallenwegen aufgetretenen Veränderungen, so ergibt sich für die Sonographie ein Wert von 52,63 % für die Computertomographie von 75 %. Auch bei diesen Berechnungen wurden unbefundbare Fälle nicht berücksichtigt.

Tabelle 23: Sensitivität von US und CT bezüglich pathologischer Veränderungen an den extrahepatischen Gallengängen

	US	CT
Sensitivität (%)	52,63 %	75 %

7.5.2. Fallbeschreibung

Patientin C.R. 68 Jahre:

Die Patientin litt unter rezidivierenden Cholangitiden. Bei Einweisung in die Klinik bestand ein leichter Ikterus.

Die computertomographische Untersuchung fand zwei kalkhaltige Gallenblasensteine. Der Ductus choledochus wurde als erheblich verbreitert beschrieben. Es wurde ein mechanischer Ikterus im Tomogramm diagnostiziert; der Nachweis von Choledochuskongrementen gelang nicht.

Im Sonogramm wurde der hochgradige Verdacht auf eine Cholecystolithiasis geäußert - es fanden sich Solitärreflexe bei dorsaler Schattenlöschung.

Bei der endoskopischen-retrograden-Cholangio-Pancreatographie fand sich ein röntgennegatives Kongrement im erweiterten Choledochus. Die durchgeführte Cholecystektomie ergab eine große gestaute Gallenblase mit Wandverdickung. Bei der Gallengangsrevision wurde ein großes Choledochuskongrement entfernt.

Beiden Untersuchungsmethoden gelang es nicht, das Choledochuskongrement zu diagnostizieren. Im CT wurden fälschlicherweise Gallenblasensteine befundet, ebenso im Sonogramm.

Patientin R.K. 68 Jahre:

Intraoperativ wurden bei der Patientin eine Cholelithiasis sowie eine Cholangiolithiasis bei gestautem Choledochus gesichert. Die Aufnahme in die Klinik erfolgte wegen akuten rechtsseitigen Oberbauchbeschwerden mit 39,9⁰ Fieber und Erbrechen. Bei der Ultraschalluntersuchung fanden sich Gallenblasenkonkremente, die sich als Schallreflexe mit dorsaler Schattenlöschung im Echobild manifestierten. Der Ductus choledochus wurde als erweitert beschrieben. Sonstige pathologische Befunde wurden am galleableitenden System sonographisch nicht erhoben. Computertomographisch zeigte sich eine große Gallenblase mit 1-2 verkalkten Konkrementen. Weiter wurde der dringende Verdacht auf ein gemischtes Konkrement im Ductus choledochus erhoben. Caudal von diesem Konkrement erscheint der Ductus choledochus computertomographisch erweitert, so daß noch eine tiefsitzende papillennahe Abflußbehinderung diskutiert wurde. Die Sonographie konnte die Ursache der Choledochusstauung nicht finden.

Patientin L.K. 82 Jahre:

Die Patientin kam wegen starken Schmerzen im rechten Unterbauch und bestehendem Ikterus in die Klinik. 1974 wurde der Patientin die Gallenblase entfernt. Bei der Ultraschalluntersuchung wurden erweiterte intrahepatische Gallengänge und ein erweiterter Ductus choledochus gesehen. Wegen Schattenlöschung im Choledochusbereich wurde der Verdacht eines Verschlubikterus durch Choledochuskonkrement geäußert.

Computertomographisch fielen gestaute intrahepatische Gallengänge auf; der Ductus choledochus wurde als unauffällig beschrieben. Bei der durchgeführten Operation fand man als Ursache des Stauungsikterus ein Pankreaskopftumor. Ein Choledochuskonkrement konnte intraoperativ ausgeschlossen werden.

Auch in diesem Fall konnten weder CT noch Ultraschall die Ursache des Ikterus abklären; sonographisch wurde fälschlicherweise ein Choledochusstein befundet.

7.6. Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse bei pathologischen Veränderungen der intrahepatischen Gallengänge

7.6.1. Ergebnisse

Ultraschall und Computertomographie kamen bei insgesamt 20 Patienten mit pathologischen Veränderungen an den intrahepatischen Gallengängen zum Einsatz.

Für eine vergleichende Betrachtung der Ultraschallmethode und der Computertomographie konnten nur 16 Fälle berücksichtigt werden, da 4 mal die Untersuchungsbefunde nicht nachzuvollziehen waren.

4 Fälle wurden als diskrepant gewertet; die gegensätzlichen sonographischen und computertomographischen Befunde konnten durch andere Methoden weder bestätigt noch widerlegt werden.

Insgesamt wurde 10 mal ein konkordanter Befund von US und CT erhoben; allerdings handelte es sich in 2 Fällen eine falsche Diagnose.

Der Ultraschall stimmte in 8 Fällen mit der Abschlußdiagnose überein, das computertomographische Verfahren in 10 Fällen. In 3 Fällen führte das Echobildverfahren zu falschen Befunden. Es wurde in einem Fall eine Erweiterung der intrahepatischen Gallengänge richtig erkannt, doch der ursächliche intrahepatische Gallenstein übersehen. Dieser Fall wurde als ein sonographisch falsch-negativer Untersuchungsbefund gewertet. In zwei weiteren Fällen wurden erweiterte intrahepatische Gallengänge beschrieben deren Ursache, einmal ein Pankreaskopftumor und im anderen Fall ein Gallengangscarcinom war, nicht diagnostiziert. Eine sonographische Untersuchung war nicht verwertbar, da sich die Gallenwege sonographisch nicht darstellten.

Die Computertomographie lieferte nur in zwei Fällen ein falsches Untersuchungsergebnis, wobei jedesmal auch sonographisch ein falscher Befund erhoben wurde. In einem Fall wurde bei einem Patient mit Pankreaskopfcarcinom die Erweiterung der intrahepatischen Gallengänge nicht diagnostiziert und einmal wurde, wie schon angeführt, ein intrahepatischer Gallenstein übersehen.

Nachfolgend sind die Ergebnisse von Ultraschall und Computertomographie bei Erkrankungen der intrahepatischen Gallengänge zusammengefaßt. Es wurden die operativ gesicherten Fälle getrennt aufgeführt.

Tabelle 24: Ergebnisse von US und CT bei Erkrankungen der intrahepatischen Gallengänge

	OP-gesicherte Fälle		Klin.-ges. Fälle	
	US	CT	US	CT
richtige Diagnose	4	5	5	5
unbefundbare Fälle	-	-	-	-
diskrepante Fälle	-	-	4	4
falsche Diagnose	2	1	1	1
	6	6	10	10

Für Erkrankungen der intrahepatischen Gallengänge erreicht der Ultraschall eine Sensitivität von 75 %, die Computertomographie von 83,33 %.

Tabelle 25: Sensitivität von US und CT bei pathologischen Veränderungen der intrahepatischen Gallengänge

Sensitivität	US (%)	CT (%)
	75	83,30

8. Diskussion

8.1. Zusammenfassung der sonographischen und computertomographischen Ergebnisse

Die Auswertung der sonographischen und computertomographischen Befunde erfolgte anhand 248 Fälle. Davon konnten 29 als diskrepant zu wertende Fälle für die Berechnung der Treffsicherheit nicht verwertet werden. Eine richtige Diagnose wurde durch das sonographische Bildverfahren in 157 Fällen gestellt.

41 mal erhob der Ultraschall einen falsch-negativen Befund und 3 mal einen falsch-positiven Befund am Normalkollektiv. Insgesamt 18 Fällen (7,20 %) war eine Beurteilung der sonographischen Untersuchung nicht möglich. Die Computertomographie konnte in 172 Fällen einen richtigen Befund erheben. Demgegenüber stehen 33 falsch-negative Diagnosen und 6 falsch-positive Diagnosen am Normalkollektiv.

Artefakte machten in 8 Fällen eine Befundung des computertomographischen Schichtbildes unmöglich (3,23 %).

Nachfolgende Tabelle faßt noch einmal die Spezifität und die Sensitivität der Ultraschalluntersuchung und der computertomographischen Untersuchung für die jeweiligen Krankheitsbilder zusammen.

Tabelle 26: Spezifität und Sensitivität von US und CT

		US (%)	CT (%)
Sensitivität	Cholecystolithiasis	87,67	91,25
	Cholecystitis	22,22	21,05
	Tumorerkrankung	33,33	55,55
	Erkrankungen der extrahepatischen Gallengänge	52,63	75,00
	Erkrankungen der intrahepatischen Gallengänge	75,00	83,33
Spezifität		95,71	91,54

Tabelle 27: Gesamtergebnis von Ultraschall und Computertomographie

	US	CT
richtige Diagnosen	157	172
unbefundbare Fälle	18	8
diskrepante Fälle	29	29
falsche negative Diagnosen	41	33
falsche positive Diagnosen	3	6
Gesamt	248	248

8.2. Treffsicherheit

Die Treffsicherheit bezüglich aller Erkrankungen des galleableitenden Systems bei unserem Krankengut beträgt für die Ultraschalluntersuchung 78,10 % und für die computertomographische Untersuchung 81,51 %.

Werden die wegen Artefaktbildungen nicht befundbaren Fälle als nicht diagnostizierte Fälle gewertet, so ist die Treffsicherheit beider Untersuchungsverfahren geringer.

Der Ultraschall erreichte dann eine Treffsicherheit von 71,68 %, die Computertomographie von 78,53 %.

Da die sehr schlechten Untersuchungsergebnisse in Fällen mit Cholecystitis die Treffsicherheit sowohl des Ultraschalls wie auch der Computertomographie stark beeinflusst, wurde die Berechnung der Treffsicherheit ein weiteres mal unter Ausschluß der Fälle mit Cholecystitis durchgeführt. Dabei errechnet sich die Treffsicherheit des Ultraschalls von 83,60 %, die der Computertomographie von 87,50 %; auch hierbei sind unbefundbare Fälle nicht berücksichtigt.

In 222 der insgesamt 248 Fälle konnte sowohl sonographisch als

auch computertomographisch ein Befund erhoben werden; es wurde in 160 Fällen von Sonographie und Computertomographie eine gleichlautende Diagnose gestellt; dies entspricht einem Prozentanteil von 72,07. Beide Verfahren waren in 138 Fällen (62,16 %) konkordant bezüglich der richtigen Abschlußdiagnose; in 22 Fällen (9,90 %) handelte es sich um eine sonographisch wie auch computertomographisch falsche Diagnosestellung.

Diskordant war die Diagnose von Ultraschall und Computertomographie in 62 der insgesamt 222 Fälle (27,92 %) mit verwertbaren sonographischen und computertomographischen Aussagen.

Davon war in 29 Fällen keine Diagnosesicherung möglich, so daß der sonographische bzw. computertomographische Befund weder falsch noch als richtig eingestuft werden konnte; diese Fälle wurden als diskrepant gewertet.

Bei den 33 diskordanten Fällen mit gesicherter Abschlußdiagnose erbrachte der Ultraschall in 11 Fällen, die Computertomographie in 22 Fällen die richtige Diagnose.

Die nach Auswertung der Untersuchungsbefunde unseres Patientengutes sich ergebende Treffsicherheit von 78,10 % für den Ultraschall und 81,51 % für die Computertomographie, bzw. 71,36 % und 78,55 % unbefundbaren Fälle als falsche Diagnosen gewertet, erscheint auf den ersten Blick niedrig verglichen mit Literaturangaben.

Doch muß dabei berücksichtigt werden, daß sich die in der Literatur angegebenen ausgezeichneten Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung und der computertomographischen Untersuchung in erster Linie auf die Diagnose einer Cholecystolithiasis und die Unterscheidung eines obstruktiven Ikterus beziehen.

Für den Ultraschall wird in der Literatur eine Treffsicherheit bezüglich des Nachweises einer Cholecystolithiasis von 72-95 % angegeben.

In sehr frühen Arbeiten führt Goldberg und Mitarbeiter 1975 die Treffsicherheit der Sonographie bei Cholecystolithiasis mit 72 % an. (16)

In den älteren Arbeiten von Lutz wurde die Treffsicherheit des Ultraschalls mit 93 % (51), in einer 1978 veröffentlichten Ar-

beit sogar mit über 94 % beziffert für den Nachweis von Gallenblasensteinen. (38)

In einer Untersuchung von Kremer und Zöllner wurden die sonographischen Gallenblasenbefunde mit OP-Befunden verglichen und in 93 % der Fälle eine Übereinstimmung bezüglich Cholelithiasis festgestellt. (31)

Auch die in der Literatur angegebenen Trefferquoten für den computertomographischen Gallenblasensteinnachweis sind sehr hoch.

Havrilla, Universität Cleveland beziffert die Treffsicherheit der Computertomographie bei der retrospektiven Betrachtung von CT Untersuchungen an Patienten mit Cholecystolithiasis auf 94% (18).

Errechnet man die Treffsicherheit des Ultraschalls und der Computertomographie für unser Klientel ebenfalls nur bezüglich Cholecystolithiasis, so ergeben sich für den Ultraschall mit 91,60 % und für die Computertomographie mit 91,39 % fast identische Werte, die den Angaben in anderen Arbeiten entsprechen. Für die Differenzierung eines hepatischen von einem extrahepatischen Ikterus findet man in der Literatur - in Abhängigkeit vom Grad der Obstruktion - Trefferquoten für den Ultraschall von bis zu 97 %. (3, 26, 52)

Die Ätiologie einer obstruktiven Cholestase wird aber in einer weit weniger großen Zahl der Fälle richtig abgeklärt.

Triller und Gall gelang nur in 53 % der Fälle die ätiologisch richtige Befundung eines obstruktiven Ikterus. (62)

Schwerk und Braun konnten mittels der Sonographie in 75 % der Fälle die Ursache einer biliären Obstruktion finden. (54)

Der korrekte Nachweis erweiterter intrahepatischer oder extrahepatischer Gallengänge bzw. eines obstruktiven Ikterus gelingt der Literatur zufolge computertomographisch in 77-97 % aller Fälle. (15, 34, 50)

Die Ätiologie wird computertomographisch aber auch nur in 70 % der Fälle richtig abgeklärt. (8, 34)

Die Auswertung der Untersuchungsbefunde bei Patienten mit Er-

krankungen der Gallengänge zeigt eine Überlegenheit der Computertomographie. So beträgt die Sensitivität der Computertomographie bezüglich der Diagnose eines erweiterten Ductus choledochus 81,81 %, die der Sonographie nur 63,33 %.

Bei Vorliegen einer Choledocholithiasis erreicht die Computertomographie eine Sensitivität von 66,66 %, die Sonographie von 37,30 %.

Ähnliche Ergebnisse erbrachte die vorliegende vergleichende Betrachtung bezüglich der Diagnostik an den intrahepatischen Gallengängen. Hier beträgt die Sensitivität der Computertomographie für die Diagnostik pathologischer Veränderungen 83,32 %, die der Sonographie 75 %.

Insgesamt 43 Patienten mit Ikterus aus unserem Klientel wurden computertomographisch und sonographisch untersucht. Dabei gelang mittels der Computertomographie in 38 Fällen (88,37 %) und mittels des Ultraschall in 34 Fällen (79,06 %) die richtige Differenzierung eines obstruktiven Ikterus.

Die Treffsicherheit bei Tumorerkrankung des galleableitenden Systems liegt bei unserem Klientel für die computertomographische Untersuchung bei 55,55 %. Die oben angeführte Sensitivität liegt im Bereich der in der Literatur beschriebenen Werte. Eine sehr hohe Treffsicherheit für die computertomographische Untersuchung bei Gallenblasen-Ca beschreibt Yugi Ikai, Universität Tokio; er beziffert die Trefferquote mit 74 %.

Die Berechnung der Sensitivität der sonographischen Untersuchungstechnik ergibt 33,33 % und damit ein deutlich schlechteres Ergebnis im Vergleich zu der Computertomographie.

Die geringe Treffsicherheit der Sonographie und der Computertomographie bei Cholecystitis beeinträchtigt stark die Gesamtreffsicherheit beider Methoden für alle Erkrankungen des galleableitenden Systems innerhalb unseres Klientels. Diese Beobachtung ist auch in der Literatur beschrieben. Die Sensitivität beträgt nach Auswertung der vorliegenden Befunde für die Computertomographie 21,05 % und für die Sonographie 22,22 % (21,05 %).

Klammert man bei der Berechnung der Treffsicherheit für alle Erkrankungen der Gallenwege die Fälle mit Cholecystitis aus, so steigt die Treffsicherheit auf 83,60 % für die Sonographie, 87,50 % für die Computertomographie an.

Des weiteren ist festzuhalten, daß bei der vorliegenden vergleichenden Betrachtung von Ultraschall und Computertomographie sehr strenge Anforderungen an die Untersuchungsbefunde gestellt wurden, das heißt, nur eindeutige Befunde wurden als richtige Diagnosen angesehen. Computertomographische bzw. sonographische Hinweise oder Anzeichen für eine bestimmte Erkrankung allein ohne klare Diagnose wurden als falsch gewertet. Um die Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Arbeit richtig einzustufen ist es notwendig darauf zu hinweisen, daß das untersuchte Patientengut in gewisser Weise selektiert ist. Ein solch aufwendiges Untersuchungsverfahren wie die gleichzeitige Anwendung von Sonographie und Computertomographie erfolgt nur in sehr schwierigen Fällen, so daß die Ergebnisse dieser Arbeit nicht ohne Einschränkung mit entsprechenden Literaturangaben verglichen werden können.

Tabelle 28: Berechnung der Treffsicherheit von US und CT bei Gallenwegserkrankungen

Treffsicherheit	US	CT
ohne unbefundbare Fälle	78,10 %	81,51 %
unbefundbare Fälle als falsch gewertet	71,36 %	78,53 %
exclusiv Gallenblasenentzündungen ohne unbefundbare Fälle	83,60 %	87,50 %
exclusiv Gallenblasenentzündungen; unbefundbare Fälle als falsch gewertet	76,11 %	84,00 %

Tabelle 29: Treffsicherheit von Sonographie und Computertomographie

	US					CT				
	R+	F-	unbef.	F+	diskr.	R+	F-	unbef.	F+	diskr.
Gallenblasenstein	64	9	7	-	22	73	7	-	-	22
Gallenblasenentzündung	4	14	1	-	1	4	15	-	-	1
Tumore	3	6	-	-	1	5	4	-	-	1
Pathologie d. Ductus Chol.	10	9	3	-	1	15	5	2	-	1
Pathologie d. i.h. GG	9	3	-	-	4	10	2	-	-	4
Normalkollektiv	67	-	7	3	-	65	-	6	6	-
Gesamt	157	41	18	3	29	172	33	8	6	29

8.3. Sonographische und computertomographische Untersuchungsergebnisse beim Vorliegen einer cholecystographisch 'stummen Gallenblase'

Die radiographische Darstellung der Gallenblase ist bei positivem Ergebnis eine sehr sichere Methode der Röntgendiagnostik. Die Ursachen für ein negatives Cholecystogramm sind aber vielfältig; in bis zu 11 % der Fälle liegt dabei eine gesunde Gallenblase vor. (17, 27, 55, 59)

Insgesamt wurden 31 Patienten mit einem negativen Cholecystogramm sonographisch und computertomographisch untersucht.

Es wurden in 22 Fällen Gallenblasensteine als Abschlußdiagnose gesichert; bei 8 Patienten wurde gleichzeitig eine Cholecystitis diagnostiziert.

In 2 weiteren Fällen lag allein eine Entzündung der Gallenblase ohne Steinbefund vor.

Bei 3 Patienten lautete die Abschlußdiagnose Tumor der Gallenwege; dreimal wurde ein Choledochusstein gefunden.

In einem Fall konnten keine pathologischen Veränderungen der Gallenwege gefunden werden.

Tabelle 30: Abschlußdiagnosen bei negativem Cholecystogramm

22	Cholecystolithiasis
2	Chronisch Cholecystitiden
3	Tumore der Gallenwege
3	Choledocholithiasis
1	Gallenwege oB
31	Fälle

Insgesamt gelang es der Sonographie in 18 der 31 Fälle mit cholecystographisch stummer Gallenblase eine richtige Diagnose zu stellen.

In 6 Fällen war auch sonographisch keine Befunderhebung möglich

und in 2 Fällen gelang keine Befundssicherung.

In 5 Fällen stellte die Sonographie eine falsche Artdiagnose; fälschlicherweise als ob befundet wird die Gallenblase sonographisch nur zweimal. Damit konnte die Sonographie in 72,4 % der Fälle mit stummer Gallenblase einen richtigen pathologischen Gallenblasenbefund erheben.

Der Computertomographie gelang es sogar in 82,75 % der Fälle mit stummer Gallenblase richtigerweise ein pathologisch verändertes Gallenwegssystem zu diagnostizieren.

In nur 3 Fällen wurde computertomographisch eine falsche Diagnose gestellt und zweimal war die computertomographische Untersuchung nicht beurteilbar, da Artefaktbildungen vorlagen.

Tabelle 31: Ergebnisse des US und der CT bei radiologisch stummer Gallenblase

	US	CT
richtige Diagnose	21	24
diskrepant	2	2
unbefundbar	6	2
falsche Diagnose	2	3
	31	31

8.4. Wertung der Ergebnisse

Auf den ersten Blick erscheint die Computertomographie dem sonographischen Untersuchungsverfahren auf Grund der höheren Treffsicherheit (CT 78,53 % / US 71,36 %) in der Diagnostik des galleableitenden Systems überlegen zu sein.

Sehr stark ins Gewicht fällt dabei aber die wesentlich höhere Zahl der Artefaktbildungen bei der Ultraschallmethode. Bleiben die wegen Artefaktbildung nicht befundbaren Fälle unberücksich-

tigt, so gleicht sich die Treffsicherheit beider Verfahren bis auf 3 Prozentpunkte an (CT 81,51 % / US 78,10 %).

Mehr Aufschluß über die Leistungsfähigkeit der beiden Untersuchungsmethoden ergibt die differenzierte Betrachtung der Untersuchungsbefunde.

So manifestierte sich die Überlegenheit der Computertomographie vor allem in der Tumordiagnostik; hierbei beträgt die Sensitivität des Ultraschalls nur 33,33 %, die der Computertomographie aber 55,55 %. Auffallend in der Tumordiagnostik am galleableitenden System ist die geringe Zahl von konkordanten Untersuchungsbefunden durch beide Verfahren. Nur 2 Fälle mit Tumorerkrankung des galleableitenden Systems wurden von US und CT übereinstimmend sicher diagnostiziert.

Da keines der beiden Untersuchungsverfahren für sich allein ein befriedigendes Ergebnis liefert und sie sich offensichtlich durch verschiedene Eigenschaften auszeichnen, sollten Ultraschall und Computertomographie in der Tumordiagnostik sich gegenseitig ergänzend eingesetzt werden, um so die Treffsicherheit in der Tumordiagnostik zu erhöhen.

Ebenfalls deutlich bessere Untersuchungsergebnisse wurden mittels der Computertomographie in der Gallengangsdagnostik erzielt und hierbei besonders bei der Untersuchung der extrahepatischen Gallengänge.

Bezüglich der Dilatation des Ductus Choledochus liegt die Sensitivität der Computertomographie bei 81,81 %, die Sonographie zeichnet eine Sensitivität von 63,33 % aus.

Zu erwähnen ist, daß unter den untersuchten Patienten auch solche mit nur geringem oder nur kurzzeitig bestehendem Ikterus waren, also mit 'grenzwertig weiten' Gallengängen.

Die Computertomographie, welche bei Dilatation des Ductus Choledochus nur in 2 Fällen eine falsch-negative Diagnose stellte, bestätigte außer in einem Fall alle sonographisch nachgewiesenen erweiterten extrahepatischen Gallengänge.

Sehr viel schlechtere Ergebnisse erzielten beide Methoden beim Nachweis und der exakten Lokalisation einer Choledocholithiasis.

Besonders die niedrige Sensitivität des sonographischen Verfahrens läßt erkennen, daß der Ultraschall bei der Diagnostik eines Choledochuskonkrementes keine zuverlässige Methode ist.

Die Gründe dafür liegen neben einer meist sehr kleinen Steingröße, besonders in duodenaler Luftüberlagerung der distalen Choledochusregion, sowie bei Konkrementen ohne Flüssigkeitsmantel in der unsicheren Abgrenzung von reichhaltigen Struktur- und Konturechos der Leberpforte.

Die Ausschlußdiagnose einer Choledocholithiasis ist somit sonographisch nicht möglich.

Bei der Differenzierung hepatische oder extrahepatische Cholestase zeigen beide Methoden eine hohe Genauigkeit, doch auch hier übertrifft die Sensitivität der Computertomographie mit 88,37 % jene der Sonographie mit 79,06 % deutlich.

Hinsichtlich des Nachweises einer Cholecystolithiasis, dieses pathologische Bild nahm den größten Anteil bei der vergleichenden Betrachtung ein, erzielte sowohl die Computertomographie als auch die Sonographie eine sehr hohe Treffsicherheit und sind als annähernd gleichwertige Methoden zu betrachten.

Die Anzahl der falschen Diagnosen ist für beide Verfahren annähernd gleich groß. Computertomographisch wurde in 7 von 80 Fällen und sonographisch in 9 Fällen ein falscher Befund erhoben. Auffallend hoch ist der Anteil der im Ductus cysticus lokalisierten Steine an den sonographisch wie auch computertomographisch falschen Diagnosen.

Bei der Ultraschalluntersuchung ist eine hohe Zahl von nicht befundbaren Fällen zu verzeichnen, eine Tatsache welche größtenteils die Ursache des geringgradig besseren computertomographischen Ergebnisses ist.

Auf eine Wiederholung der Sonographie wurde nach der CT-Diagnostik meist verzichtet.

In insgesamt 59 der 73 Fälle mit gesicherter Abschlußdiagnose Cholecystolithiasis (80,82 %), in welchen eine Beurteilung bei der Untersuchungsmethoden möglich war, stimmten US und CT über-

ein; eine Feststellung welche die hohe Aussagekraft beider Methoden bei Gallenblasensteinen unterstreicht.

Nur in 2 Fällen stellte sowohl die Computertomographie als auch die Sonographie eine falsche Diagnose, so daß nur in 2,5 % aller Fälle eine richtige Diagnose bei Cholecystolithiasis nicht gelang.

Sowohl der Ultraschall (22,22 %) als auch die Computertomographie (21,05 %) weisen in der Diagnostik einer Cholecystitis sehr schlechte Untersuchungsergebnisse auf. Aber obwohl der US und die Computertomographie also relativ insensitive für den Nachweis einer Cholecystitis sind, so liefert der Nachweis einer entzündlich veränderten Gallenblasenwand dann aber sofort den tatsächlichen klinischen Zustand der Gallenblase.

Insgesamt zeichnet beide Methoden eine hohe Spezifität bezüglich Erkrankungen des galleableitenden Systems aus (US 95,71 % / CT 91,54 %).

Bezüglich der richtigen Diagnose am Normalkollektiv besteht zwischen der Computertomographie (65 richtige Diagnosen) und der Sonographie (67 richtige Diagnosen) ebenso nur ein minimaler Unterschied, wie in der Anzahl der fälschlicherweise als pathologisch beschriebenen Fälle (CT 6 falsch-positive Befunde / US 3 falsch-positive Befunde).

8.5. Artefaktbildungen

Artefakte, die zu einer Verfälschung des rekonstruierten Bildes führen, so daß eine fehlerhafte Bilddarstellung daraus resultiert, behindern die sonographische Untersuchung des Bauchraumes in einem viel stärkerem Maße als dies für das computertomographische Schnittbildverfahren der Fall ist.

In erster Linie sind es Gas, Knochen und eine ausgeprägte Adipositas, welche den sonographischen Bildaufbau stören.

Artefakte, deren Herkunft nicht in allen Fällen klar ist, treten besonders bei schlechter Ankoppelung auf, also wenn nur teilweise der Kontakt zwischen Applikator und Körperoberfläche besteht. In einzelnen Fällen, besonders bei adipösen Patienten,

kann das US-Bild durch einen gleichmäßigen Schleier von Reflexen unanschaulich werden.

In der Literatur findet man Angaben wonach bis zu 35 % der sonographischen Oberbauchuntersuchungen durch starke Luftansammlungen oder überlagernde Rippen eingeschränkt ist.

In 5 - 10 % der Untersuchungen machen Luft, Gas, Knochen und Adipositas eine Beurteilung unmöglich.

Besonders bei der Beurteilung einer Steinerkrankung ist Darmluft sehr störend, da eine Verwechslung Luft/Stein auf Grund des ähnlich hohen Schallwiderstandes beider Medien möglich ist. (13, 38)

Bei der sonographischen Untersuchung unseres Patientengutes war in 18 Fällen eine Beurteilung wegen Artefaktbildungen nicht möglich. Dies entspricht 7,25 % aller Fälle.

Im einzelnen behinderte 10 mal Meteorismus die Untersuchung, zweimal waren noch Kontrastmittelreste eines Kontrasteinlaufes vorhanden in zwei weiteren Fällen war auf Grund eines Ascites die Beurteilung des Bauchraumes nicht möglich; nur in einem Fall ist eine ausgeprägte Adipositas Ursache der Artefaktbildung. Außerdem kamen zwei Patienten nicht nüchtern zur Untersuchung. In einem Fall war die Gallenblase sonographisch nicht von Leberzysten zu differenzieren.

Ursachen für Artefaktbildungen beim computertomographischen Untersuchungsverfahren können sowohl in einer fehlerhaften Meßwerterfassung, als auch in Bewegungsfehlern liegen.

Artefakte verursacht durch extreme Dichtesprünge treten besonders dann auf, wenn dichte Organstrukturen (Knochen) neben wenig dichten Medien (Hirn) gelegen sind.

Weiterhin können Metallklips nach Operationen ebenso Artefakte bewirken, wie Bariumreste nach Kontrastmitteluntersuchungen des Darmes.

Adipositas dagegen ist von Vorteil, da die Organe dann leichter abzugrenzen sind.

Bewegungsfehler äußern sich im Tomogramm durch streifenförmige kombinierte Dichteverminderungen (Hypodensitation) und Dichte-

erhöhungen (Hyperdensitation), die umso störender sind, je stärker die Bewegungsamplituden sind.

Mit den Geräten der 3. und 4. Generation hat sich das Problem der Bewegungsfehler stark reduziert.

In ihrer Gesamtheit ist die Artefaktbildung beim computertomographischen Bildverfahren sehr viel geringer als bei der Ultraschalluntersuchung.

In der Literatur wird die Häufigkeit mit unter 1 % angegeben. (8, 13, 22)

Mit 3 % Artefaktbildungen ist im Vergleich zur Literatur bei unserem Patientengut der Anteil der nicht beurteilbaren computertomographischen Untersuchungen erhöht. Durch eine bessere Patientenvorbereitung ließe sich ein Teil dieser Fälle vermeiden.

In insgesamt 3 Fällen war wegen Meteorismus und in 2 Fällen auf Grund von Bariumresten eine Beurteilung der CT-Untersuchung nicht möglich.

Je einmal behinderten Leberzysten und ein Ascites die Untersuchung. Bewegungsartefakte bewirkten nur in einem Fall eine fehlerhafte computertomographische Darstellung.

8.6. Nebenwirkungen

Wie schon im theoretischen Teil dieser Arbeit abgehandelt, unterscheidet sich die Ultraschalluntersuchung in Bezug auf die daraus resultierenden Nebenwirkungen erheblich von computertomographischen Schnittbildverfahren.

Die bisher in der Literatur beschriebenen Nebenwirkungen durch Ultraschall beziehen sich in erster Linie auf die therapeutische Anwendung dieses Verfahrens. Bei den dabei verwendeten hohen Energien kam es durch mechanische und thermische Effekte zu Beeinträchtigungen des Gewebes durch H_2O_2 Radikalbildung, Änderungen im Membranaufbau, PH-Änderungen. Doch sind diese Nebenwirkungen Frequenz- und Intensitätsabhängig und daher für diagnostischen Ultraschall mit Intensitäten um 10 Mwatt/cm^2 nicht relevant. (28, 38)

Die besonders in den 70er Jahren beschriebenen genetischen Schäden in Folge Ultraschallanwendung - Chromosomenaberrationen in Leukocytenkulturen und in schnell wachsenden Säugerzellen - konnten durch nachfolgende Untersuchungen nicht weiter relativiert werden.

Obwohl die Kenntnis über die Wechselwirkungen zwischen Ultraschall und Gewebe noch nicht abgeschlossen ist, kann man davon ausgehen, daß mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit der Ultraschall-Untersuchung keine schädlichen Nebenwirkungen zukommen. (38)

Völlig anders ist die Situation bei der computertomographischen Untersuchung, welche als Röntgenverfahren auch die Nebenwirkungen ionisierender Strahlen hat.

Die Wechselwirkungen der Röntgenstrahlen wie sie bei den in der Computertomographie üblichen Röhrenspannungen von 120 - 130 KV auftreten, bestehen in erster Linie im Photoeffekt und im Comptoneffekt.

Entscheidend für die schädliche Wirkung ist die absorbierte Strahlendosis.

Für eine hinreichende Dichteauflösung sind pro Schichtaufnahme 5×10^{10} Röntgenquanten nötig, was einer Ionendosis von 1,3 Röntgen und einer absorbierten Energiedosis von 0,013 Gy pro computertomographischer Schicht entspricht.

Da durch eng gebündelte Röntgenstrahlen der Streustrahlenanteil gering gehalten werden kann, wird pro Schichtaufnahme bei nebeneinander liegenden Schichten eine Gesamtdosis von 0,02 Gy (2,0 rad) im Untersuchungsbereich nicht überschritten. (8, 22) Für eine Leberuntersuchung wurde am Alderson - Rando - Phantom für eine CT-Einrichtung mit 360° Grad Strahlerbewegung eine maximale Oberflächendosis von 1400 mrad und eine Tiefendosis von 400 mrad gemessen. (8)

Für die Untersuchung der Leber errechnet sich ein Flächendosisprodukt von ca. 1100 Rcm^2 . Das Flächendosisprodukt einer i.v. Cholecystographie liegt bei 800 Rcm^2 .

Die Gonadendosis einer Leberuntersuchung gemessen mit LIF-TIDS

am Delta 50 mit einer Schichtbreite von 10 cm beträgt für das weibliche Geschlecht ca. 80 mR für den Mann ca. 8 mR.

Stellt man die Strahlenexposition der CT invasiven Methoden - wie intravenöse Cholecystocholangiographie und ERCP - gegenüber, so kann die CT sogar hinsichtlich des Flächendosisproduktes als auch in bezug auf die Gonadendosis zu Dosisersparungen beitragen. (43)

8.7. Untersuchungsaufwand und Kosten

Die Anschaffungs- und Unterhaltskosten eines CT-Gerätes sind ungefähr 10 mal höher als die eines US-Gerätes.

Ein weiterer Kostenparameter ist der Raumbedarf der einzelnen Untersuchungen. Eine CT-Einheit benötigt zwei Räume mit ca. 50 bis 80 qm, für die Durchführung einer US-Untersuchung ist ein Raumbedarf von 15 bis 20 qm zu veranschlagen.

CT-Anlagen sind fest in Untersuchungsräumen installiert, während US-Anlagen mobil sind und auch für Untersuchungen auf Stationen zur Verfügung stehen.

Für die computertomographische Untersuchung ist ebenfalls ein höherer Personalaufwand als für ein Sonogramm nötig. Bei CT-Untersuchungen ist stets die Anwesenheit sowohl eines Arztes als auch einer technischen Assistentin nötig, während die sonographische Untersuchung vom Arzt allein durchzuführen ist.

Bei einer genügend guten Auslastung der Geräte ergeben sich für eine CT-Untersuchung Kosten von ca. 250 Dollars, für eine US-Untersuchung von ca. 60 Dollars. (6, 56, 57)

9. Schlußfolgerung

Die vorliegende vergleichende Betrachtung der sonographischen und computertomographischen Untersuchungsergebnisse bestätigt die Ultraschalluntersuchung bei Verdacht auf Cholelithiasis als ersten Schritt im Untersuchungsgang und untermauert damit das in jüngster Zeit geänderte diagnostische Vorgehen bei der Fahndung nach Steinen im galleableitenden System.

Obwohl die Computertomographie auch beim Nachweis einer Cholelithiasis die Sonographie geringgradig übertrifft, wird sie wohl nur in Ausnahmefällen zum Steinnachweis eingesetzt werden.

Die geringere Belastung des Patienten, die geringeren Kosten, der geringere Zeitaufwand sowie eine beliebig häufige Wiederholbarkeit machen den Ultraschall zur Methode der Wahl bei Verdacht auf Cholelithiasis.

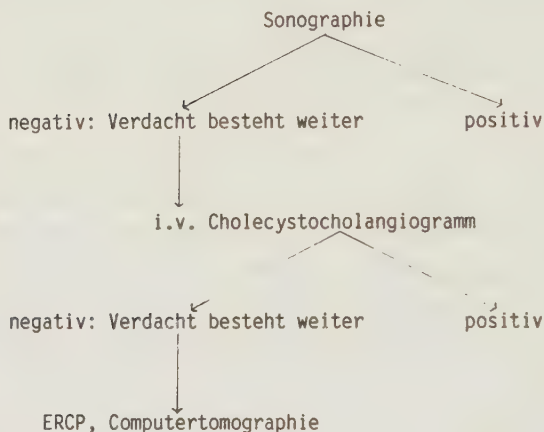
Einschränkend ist festzustellen, daß die Sonographie des Ductus choledochus nur bei positivem Befund gewertet werden sollte.

Bei negativem Befund sind weiterführende Untersuchungen wie i.v. Galle, ERCP und Computertomographie angezeigt.

Die Indikation zur Computertomographie bei Verdacht auf Cholelithiasis sollte sich auf die bewährten und bekannten Untersuchungsmethoden wie Sonographie, Cholangio- und Cholecystographie stützen. (45)

Bei freiem Galleabfluß sollte die Computertomographie erst nach negativem Sonogramm und negativem Cholecystocholangiogramm zum Einsatz gelangen.

Tabelle 32: Empfohlenes diagnostisches Vorgehen bei Verdacht auf Cholelithiasis



Wie die retrospektive Auswertung an unserem Krankengut bestätigt hat, ist die Ganzkörpercomputertomographie bestens geeignet, die verschiedenen Formen eines Ikterus - Verschlussikterus und hepatozellulärer Ikterus - zu unterscheiden und häufig die Genese anzugeben.

Ferner erlaubt diese nicht-invasive Röntgenmethode nicht nur die Obstruktion zu lokalisieren und ihre Ausdehnung zu bestimmen, sondern auch oft einen verschließenden Tumor selbst darzustellen.

Obschon auch bei der Abklärung eines Ikterus die Computertomographie die Ultraschalluntersuchung übertraf, sollte wegen geringerer Belastung der Patienten und einem günstigerem Zeit- und Kostenverhältnis auch bei Cholestasepatienten die Sonographie die erste diagnostische Maßnahme sein. Gelingt die sonographische Abklärung nicht, so ist die Indikation für eine computertomographische Untersuchung gegeben.

Eine weitere bedeutsame Indikation zur Röntgen-Computertomographie ist unter dem Bild der Cholestase die Suche nach Geschwülsten innerhalb des Gallengangssystems, der Gallenblase, der Leber und des Pankreas. In der Tumordiagnostik stellen Sonographie und Computertomographie zwei sich ergänzende Untersuchungsmethoden dar, deren gemeinsamer Einsatz die Möglichkeit des frühzeitigen Nachweises von Geschwülsten des galleableitenden Systems wesentlich verbessert.

10. Zusammenfassung

Bei 263 Patienten der Radiologischen Klinik der Universität München wurde im Zeitraum von Januar 1978 bis Mai 1981 sowohl eine sonographische wie eine computertomographische Untersuchung des galleableitenden Systems durchgeführt.

Der retrospektive Vergleich beider Untersuchungsmethoden erfolgte anhand von 248 Fällen, wobei in 86 Fällen die abschließende Diagnose durch eine Operation bzw. durch ein histologisches Gutachten gesichert wurde.

In 133 Fällen war die Befundsicherung durch klinische Parameter möglich; in 29 Fällen war die Befundsicherung nicht ausreichend, diese Fälle wurden als diskrepant gewertet und gingen bei der Berechnung der Treffsicherheit nicht ein.

Das Krankengut teilte sich auf in 77 Fälle mit unauffälligem galleableitenden System, 102 Fälle mit Cholecystolithiasis, 20 Fälle mit Cholecystitis, 10 Fälle mit Tumorerkrankung des galleableitenden Systems, 23 Fälle mit pathologischen Veränderungen der extrahepatischen Gallengänge und 16 Fälle mit pathologischen Veränderungen der intrahepatischen Gallengänge. Der retrospektive Vergleich der sonographischen und der computertomographischen Untersuchungsverfahren ergab eine Treffsicherheit bei allen Erkrankungen der Gallenwege von 71,36 % für den Ultraschall und von 78,53 % für die Computertomographie bzw. 78,10 % für den Ultraschall und 81,51 % für die Computertomographie bei Nichtberücksichtigung der unbefundbaren Fälle.

Im Vergleich zur Computertomographie ist die Treffsicherheit der Sonographie etwas geringer, wegen ihrer Ungefährlichkeit, der beliebig häufigen Wiederholbarkeit, des Kostenvorteils und des geringeren Aufwandes ist die Sonographie aber dennoch die Methode der Wahl für die Erstuntersuchung von Patienten mit Verdacht auf Erkrankung des galleableitenden Systems. Die Computertomographie ist als weiterführende Untersuchung besonders bei Verschlüßikterus indiziert. Bei der Tumorsuche am galleableitenden System sollte die Sonographie und die Computertomographie sich gegenseitig ergänzend eingesetzt werden, da nach unseren Ergebnissen keine Methode für sich allein ein befriedigendes Untersuchungsergebnis aufweist.

LITERATURVERZEICHNIS

1. BEHAN M., KAZAM E.: Sonography of the Common Bile Duct Value of the Right Anterior Oblique View
Am J.Roentgenol. 130 (1978) 701
2. BUCK J., BOSJAKOVIC S., HEUK F., SCHULZE R.: Ein Beitrag der Röntgen-Ganzkörper-Computertomographie zur Diagnostik und Differentialdiagnose des Ikterus
Radiologe 19 (1979) 353
3. CONRAD F. R., LEONARD J., LANDAY M.: Left Lateral Decubitus Sonography of Gallstones in the contracted Gallbladder
AJR 134 (1980) 134
4. COOPERBERG P. L., BURHENNE H. J.: Real-Time Ultrasonography
New England Journal of Medicine 302 No.23 (1980) 1277
5. EHLE R., LUTZ H., REICHEL L., HEYDER N.: Diagnostische Wertigkeit der Oberbauchsonographie (B-Scan)
Fortschrittliche Med. 97 (1979) Nr.38 1656
6. EVENS R.C., JOST R. G.: Economics Analysis of Body CT Units including on Utilization
Radiology 127 (1978) 151
7. FORELL M. M., LEHNERT P.: Gallenwege und exokrines Pankreas .
In: Walter Siegenthaler: Klinische Pathophysiologie,
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1979) 850
8. FRIEDMANN G., BÜCHELER E., THURN P.: Ganzkörper-Computertomographie
Georg Thieme Verlag Stuttgart New York (1981)
9. FROMMHOLD H.: Ultraschalluntersuchung an den Organen des Oberbauches, Röntgen-Bl.28 (1978) 419

10. FROMMHOLD H.: Informationswert der Sonographie des biliären Systems
Radiologe 19 (1979) 361
11. FROMMHOLD H.: Diagnostischer Ultraschall
Ärztliche Forschung 26 (1972) 442
12. FUHRER K., LIEBERTRUTH R., LUCKE G.: Siretom - ein Schädel - Transversalschichtgerät mit Computer
Elektromedica 2-3 (1975) 48
13. GEBAUER A., SCHERER U.: Differentialindikation für die Computertomographie und die Ultraschalluntersuchung
Internist 19 (1978) 568
14. GERSTNER R.: Grundlagen der Ultraschalluntersuchung
Kretztechnik 1975
15. GOLDBERG H.J., FILY R.A.: Capability of Ct Body Scanning and Ultrasonography to demonstrate the status of biliary ductal system in patients with jaundice
Radiology 130 (1979) 731
16. GOLDBERG H.J., HARRIES K., BROOKER N.: Ultrasonic and Radiographic Cholecystography
Radiology 11 (1974) 405
17. HARBIN W.P., FERRUCCI J.T., WITTENBERG J., KIRKPATRICK R.H.: Nonvisualized Gallbladder by Cholecystosonography
AJR 132 (1979) 727
18. HAVRILLA T.R., REICH N.E., HAAG J.R.: Computed Tomography of the Gallbladder
AMJ Roentgenol. 130 (1978) 1059
19. HEUCK F., BUCK J.: Der Informationswert der Röntgen CT für die Beurteilung der Gallenwege und Gallenblase
Radiologe 20 (1980) 6

20. HILZ E.: Physik und Technik der US Diagnostik
Elektromed.-Siomed. Technik 14 (1969) 215
21. HSU - CHONG Y.: Ultrasonography and Computed Tomography of
Carcinoma of the Gallbladder
Radiology 133 (1979) 167
22. HÜBENER K.H.: Theoretische Grundlagen der Computertomography.
In: FROMMHOLD W.: Computertomographie des Körperstammes
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1981)
23. HURST W., BUNDSCHU H.D., PREIM D.: Sonographische Befunde bei
eingeschränkter röntgenologischer Beurteilbarkeit der Gallen-
wege; Med. Welt Bd.31 Heft 42 (1980) 1508
24. ITAI Y., ARAKI T.: Computed Tomography of Gallbladder carcinoma;
Radiology 137 (1980) 713
25. KANE R.A.: Ultrasonographic Diagnosis of Gangrenous Cholecystitis
and Empyema of the Gallbladders
Radiology 134 (1980) 191
26. KOENIGSBERG M., WIENER S., WALZER A.: The Accuracy of Sonography
in the Differential Diagnosis of Obstructive Jaundice:
A Comparison with Cholangiography
Radiology 133 (1979) 157
27. KOPPERS B.: Grenzwertsonographie bei Cholelithiasis besonders
bei negativem Cholecystoradiogramm
Med. Klinik 73 (1978) 279
28. KRATOCHWIL A.: Ultraschalldiagnostik in der Inneren Medizin,
Chirurgie und Urologie. Atlas und Lehrbuch
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1977)
29. KRATOCHWIL A., REINOLD E.: Ultraschalldiagnostik
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1978)

30. KRATOCHWIL A.: Beitrag der Sonographie zur modernen Diagnostik der Gallenwegserkrankungen
Z.Ges.Inn.Med. Jahrg.35 (1960) Heft 16 650
31. KREMER H., SCHIERL W., INGRISCH H., FREY K.W., ZÖLLNER N.:
Sonographie oder radiographische Cholecystographie
MMW 120 (1978) 1453
32. KRESSE H.: Sonographie Methodisch - physikalische Grundlagen -
Aperaturen
Internist 17 (1976) 539
33. LEE J.K.T., LELAND G., KOEHLER R.E., STANLEY R.J.: Cholecysto-
sonographie Accuracy, Pitfalls and Unusual Findings
American Journal of Surgery 139 (1980) 223
34. LEVITT R.G., SAGEL S.S.: Accuracy of computed Tomography of
the liver and biliary tract
Radiology 124 (1977) 123
35. LINKE G., PAULI K., PFEIFER M.: Zur Strahlenbelastung des Pa-
tienten bei der Computertomographie
Elektromedica (1976) 15
36. LISSNER S., SCHWARZ W.: Technik und Apperatur der Ganzkörper-
computertomographie
Internist 19 (1978) 559
37. LISSNER J., SCHERER U.: Der Wert der Computertomographie bei
Leber und Milzerkrankungen
Röntgenbl. 32 (1979) 1
38. LUTZ H.: Ultraschall Diagnostik (B-Scan) in der Inneren Medizin,
Lehrbuch und Atlas, Springer Verlag Berlin Heidelberg New
York (1978)

39. LUTZ H., SEIDL R., PETZOLD R.: Gallensteindiagnostik mit Ultraschall
Dtsch. Med. Wochenschrift 24 (1975) 1329
40. LUTZ H.: Sonographische Tumordiagnostik in der Gastroenterologie; Therapiewoche 26 (1976)
41. MARTINI G.A.: Erkrankungen der Leber und der Gallenwege. In: R.GROSS, P.SCHÖLMEICH: Lehrbuch der Inneren Medizin
Schattauer Verlag (1977) Stuttgart, New York 571
42. MÖCKEL W.: Zur Differentialdiagnose des Cholestasesyndroms
Med. Welt Bd.31 Heft 42 (1980) 1512
43. MÖDDER U., EWEN K.: Die Strahlenexposition bei abdominalen Untersuchungen mit der Ganzkörper-Computer-Tomographie
Röntgen Bl. 32 (1979) 15
44. MOLDENHAUER W.: Röntgendiagnostik der Gallenwegserkrankungen
Z.Ges.Inn.Med. Jahrgang 35 (1980) Heft 16 659
45. PREUSER R., KRATOCHWIL A.: Geänderter Untersuchungsgang bei der Fahndung nach Gallenblasen und Gallengangssteinen
Ultraschall 1 (1980) 262
46. RETTENMAIER G.: Sonographischer Oberbauchstatus
Internist 17 (1976) 549
47. ROGALSKY R.: Delta-Scan - ein Gerät für die Ganzkörpercomputer-Tomographie
Elektromedica 4 (1976) 116
48. SAGER W.D., LADUMER G.: Computertomographie
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1979)
49. SCHENTKE K.U.: Klinik und internistische Therapie der Gallenwegserkrankungen
Z.Ges.Inn.Med., Jahrg.35 (1980) 642

50. SCHERER U., LISSNER J.: Computertomography der Leber
Fortschr. Röntgenstr. 130 (1979) 531
51. SCHLINGBAUM W., WILHELMI U.: Der heutige Stand der radiologischen Gallenwegsdiagnostik
Röntgenpraxis 33 Heft 7 (1980) 159
52. SCHOENFIELD L.J.: Diseases of the Gallbladder and the Bile Ducts. In : Harrison's: Principles of Internal Medicine
Mc-Graw-Hill Book Company, New York 1981
53. SCHULZE K., BENZ U.F., MENDT R.: Die kombinierte echographische und echoskopische Untersuchung des Oberbauches
Radiologe 16 (1976) 313
54. SCHWERK V., BRAUN B.: Ultraschall Diagnostik in der Differentialdiagnostik der intra- und extrahepatischen Cholestase
DMW 103 (1978) 1643
55. SIEGENTHALER W.: Innere Medizin in Praxis und Klinik
Springer Verlag Berlin Heidelberg New York
56. SIEMENS Aktiengesellschaft: Somatom 2 Ganzkörpercomputertomographie
Data MR 36/7255
57. SMITH E.H., HAHN H.H.: Relationship of Ct and US in diagnosis of abdominal disease
J.Clin Ultrasound 5 (1977) 230
58. SURAMO J., LANNING P., LATHI R.: Comparison of Ultrasound Roentgen Examination of Biliary Tract
Diagnostic Imaging 48 (1979) 138
59. SWART B.: Die Röntgendiagnostik der Gallenblase und Gallenwege. In: Handbuch der Medizinischen Radiologie Band 12
Springer Verlag Berlin Heidelberg New York (1976)

60. TRILLER J.: Grey - Scale - Ultraschall Diagnostik der Leber und Gallenwege
Radiologe 16 (1976) 328
61. TRILLER J., FISCHEDICK A.R., HAERTEL M., HALTER F., SCHEURER U.: Sonographie und endoskopisch retrograde Cholangio-Pankreatikographie zur Diagnostik von Pankreas- und Gallenwegserkrankungen
Fortschrittliche Röntgenstrahlen 132, 3 (1980) 255-261
62. TRILLER J., GOEL Y.: Sonographisch-radiologische Diagnostik bei obstruktivem Ikterus
Radiologe 19 (1979) 367
63. TRILLER J., KNUTTI D.: Sonographische Diagnostik der Cholezystopathie
Schweizer Med. Wochenschrift 108 (1978) 380
64. VAN KAICK G., LORENZ A.: Grundzüge der echographischen Gerätetechnik
Röntgenpraxis 34 (1981) 271
65. VOITTMEN E.: Carcinoma of the Gallbladder
Ann.Chir.Gynaec.59 (1970) 168
66. WEINSTEIN D.P., WEINSTEIN B.J., BRODMERKEL G.J.: Ultrasonography of Biliary Tract Dilation without Jaundice
AJR 132 (1979) 729
67. WOHLGEMUTH B.: Pathologische Anatomie der extrahepatischen Gallenwege
Z.Ges.Inn.Med. Jahrg.35 16 (1980) 637

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Akustische Kenngrößen	8
Tab. 2: Korrelation von Steinreflex und Steinschatten zum Steindurchmesser	15
Tab. 3: Vergleichende Betrachtung der Computertomographie und Sonographie in der Gallenwegsdiagnostik	39
Tab. 4: Befundsicherung bei unauffälligem Gallensystem	40
Tab. 5: Normalkollektiv	42
Tab. 6: Ergebnisse der Sonographie und der Computertomographie beim Normalkollektiv	43
Tab. 7: Spezifität der sonographischen und computertomographischen Untersuchung der galleableitenden Systeme	43
Tab. 8: Befundsicherung in Fällen mit Cholecystolithiasis	47
Tab. 9: Fälle mit Cholecystolithiasis	48
Tab.10: Ergebnisse der Computertomographie und der Sonographie in der Gallenblasensteindiagnostik	51
Tab.11: Sensitivität von Ultraschall und Computertomographie bei Cholecystolithiasis	52
Tab.12: Ergebnisse der Computertomographie und Sonographie bei intraoperativ gesicherten Gallenblasensteinen	52
Tab.13: Befundsicherung bei Gallenblasenentzündungen	55
Tab.14: Ergebnisse von Ultraschall und Computertomographie bei gesicherter Gallenblasenentzündung	56
Tab.15: Sensitivität von Ultraschall und Computertomographie bei gesicherten chronischen Gallenblasenentzündungen	57
Tab.16: Befundsicherung in Fällen mit Tumorerkrankung des galleableitenden Systems	59
Tab.17: Ergebnisse der Sonographie und der Computertomographie bei Tumoren der Gallenwege	60

Tab.18: Sensitivität von Ultraschall und Computertomographie bei Tumoren der Gallenwege	61
Tab.19: Ergebnisse der Computertomographie und Sonographie bei Choledochuserweiterung	64
Tab.20: Sensitivität von Ultraschall und Computertomographie bei erweitertem Ductus choledochus	65
Tab.21: Ergebnisse des Ultraschall und der Computertomographie bei Choledocholithiasis	66
Tab.22: Sensitivität für Ultraschall und Computertomographie bei Choledocholithiasis	66
Tab.23: Sensitivität von Ultraschall und Computertomographie bezüglich pathologischer Veränderungen an den extrahepatischen Gallengängen	67
Tab.24: Ergebnisse von Ultraschall und Computertomographie bei Erkrankungen der intrahepatischen Gallengänge	70
Tab.25: Sensitivität von Ultraschall und Computertomographie bei pathologischen Veränderungen der intrahepatischen Gallengänge	70
Tab.26: Zusammenfassung von Spezifität und Sensitivität für Ultraschall und Computertomographie	71
Tab.27: Gesamtergebnis von Ultraschall und Computertomographie	
Tab.28: Berechnung der Treffsicherheit von Ultraschall und Computertomographie bei Gallenwegserkrankungen	76
Tab.29: Treffsicherheit von Sonographie und Computertomographie bei Gallenwegserkrankungen	77
Tab.30: Abschlußdiagnosen bei negativem Cholecystogramm	78
Tab.31: Ergebnisse von Ultraschall und Computertomographie bei radiologisch stummer Gallenblase	79
Tab.32: Empfohlenes diagnostisches Vorgehen bei Verdacht auf Cholelithiasis	88

LEBENS LAUF

Name		<u>Wolfgang Eugen Rehm</u>
Geburtstag/ort	07.07.1954	in Bretten
Staatsangehörigkeit		deutsch
Konfession		evangelisch
Familienstand		ledig
Eltern		Eugen Rehm (Hotelier) Friedel Rosa Rehm geb. Würtz
Schule	1961 - 1965	Grundschule in Bretten
	1965 - 1973	Melanchthongymnasium in Bretten Abschluß: Abitur
Studium	1973 - 1979	Veterinärmedizin in München und Zürich Abschluß: Staatsexamen
	1979 - 1984	Humanmedizin an der Ludwig Maximilians-Uni- versität in München Abschluß: Staatsexamen
Promotion	1984	am Radiologischen Insti- tut der LMU in München Klinikum Großhadern Vorstand Prof.Dr.Lissner

